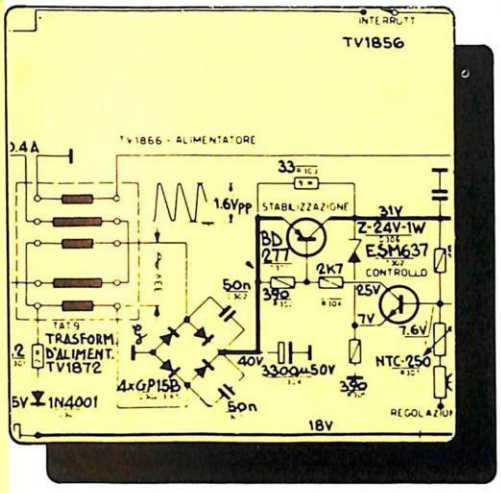
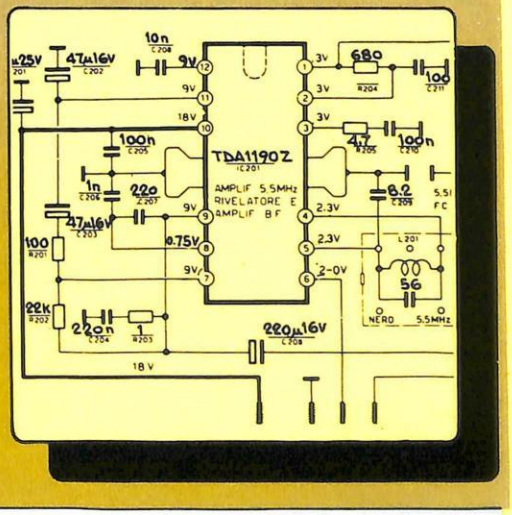


MODELLO : MIVAR T621

SINTOMO : TV completamente spento e il fusibile è sano

PROBABILE CAUSA : Manca la tensione di alimentazione stabilizzata di 31 Vcc.

RIMEDIO :Sostituire il transistor stabilizzatore T301 modello BD277

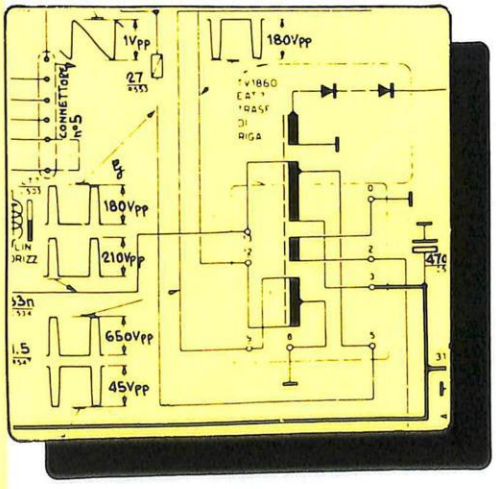


MODELLO : MIVAR T621

SINTOMO : Manca il video e non si sente il sibilo dell'EAT

PROBABILE CAUSA : Non è presente l'alta tensione

RIMEDIO : Sostituire il trasformatore di riga TV1860



fare ELETTRONICA

SERIE - 782
mivar

BC238B
BC238C
BC308B
ESM637
ESM639

BF198
BF199
BF258
BF393

BU406D
BD277

NOTE:
LE FORME D'ONDA SONO RILEVATE A CONTRASTO MASSIMO E CON SEGNALE IN INGRESSO.
LE TENSIONI SONO MISURATE CON UN TESTER DA 20KΩ RIFERITE A MASSA E CON SEGNALE IN INGRESSO CON CONTRASTO MASSIMO E VOLUME AL MINIMO.

1/8W 1/2W <250V 250V 400V 630V

MASSA
12V
33V
B1V
0,5÷33V
B III
B I

CONNETTORE n°6

TV1841-TUNER

PRESA ANTENNA 75Ω

CONNETTORE n°1

TV1473 - TASTIERA

VOLUME 10K
LUMINOSITA' 220K
CONTRASTO 4K7

CONNETTORE n°4

CONNETTORE n°2

INTERRUTT.

TV1856

220V~ 45W

TV1866 - ALIMENTATORE

fus. T0,4A

TRASFORM. D'ALIMENT. TV1872

4xGP15B

STABILIZZAZIONE

BD 277

Z-24V-1W

ESM637

CONTROLLO

NTC-250

REGOLAZIONE +31V

1N4001

18V

CONNETTORE n°3

F.I. VIDEO

MARRONE 41,4MHz

VERDE 37,5MHz

GIALLA 36,15MHz

ROSSA 40,4MHz

ARANCIO 33,4MHz

BF 198

TV1890-MF VIDEO E C.A.G.

TV1893- SINCRONISMI E DEFLESSIONE

BC238C
SEPARATORE SINCRONISMI

BC308B

1N4154

AMPIEZZA VERTICALE

ORT 3
FREQUENZA ORIZZ.

CONTROLLO FREQUENZA ORIZZONTALE

BC238B

SFD108

PILOTA FINALE ORIZZONTALE

OSCILLATORE ORIZZONTALE

ESM639

N.B. Per la consulenza tecnica
e le richieste di schemi, telefonare
dalle ore 16.00 alle 18.00
di ogni mercoledì allo 02/6143270

Centro Assistenza
Grieco Nino
20091 BRESSO (MI)
Via Verdi, 7/B - Tel. (02) 61.43.270

ELETTRONICA DI BASE

GUIDA COMPLETA CON ESPERIMENTI

Delton T. Horn

GRUPPO
EDITORIALE
JACKSON
Via Rosellini, 12
20124 Milano

© Copyright per l' edizione originale Tab Books Inc.
Titolo originale:"Basic Electronics Theory With projects and Experiments"

© Copyright per l' edizione italiana:
Gruppo Editoriale Jackson S.p.A.

© Tutti i diritti sono riservati. Stampato in Italia. Nessuna parte di questo libro puo' essere riprodotta, memorizzata in sistemi di archivio, o trasmessa in qualsiasi forma o mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altri senza la preventiva autorizzazione scritta dell' editore.

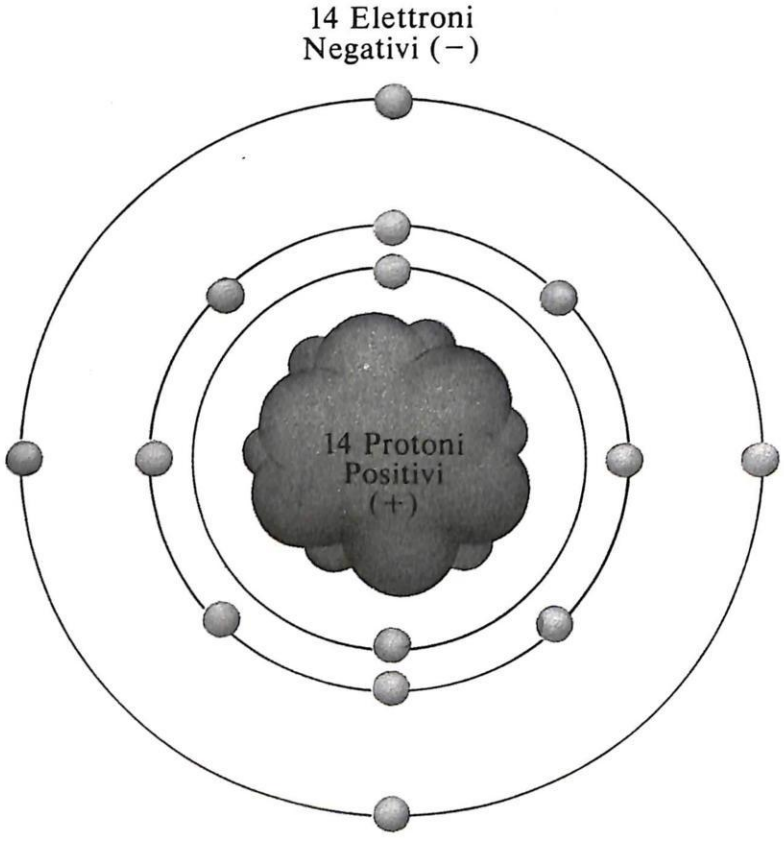
INTRODUZIONE

L'elettronica è una scienza in continuo sviluppo e questa opera è stata realizzata appositamente per capirne i principi basilari indispensabili al suo apprendimento.
Gli argomenti trattati riguardano la teoria di tutti i componenti elettronici e il principio di funzionamento dei circuiti più usati nella pratica per cui accanto a resistenze e, condensatori, transistori e circuiti integrati, troverete oscillatori, filtri, impianti stereo e televisori. Il volume è prevalentemente di carattere introduttivo ed è anche una ottima guida di riferimento per tutti gli appassionati di questa affascinante materia.
La maggior parte dei capitoli viene chiusa da un "self test", una specie di esamino attitudinale le cui risposte saranno riportate alla fine di ogni capitolo.

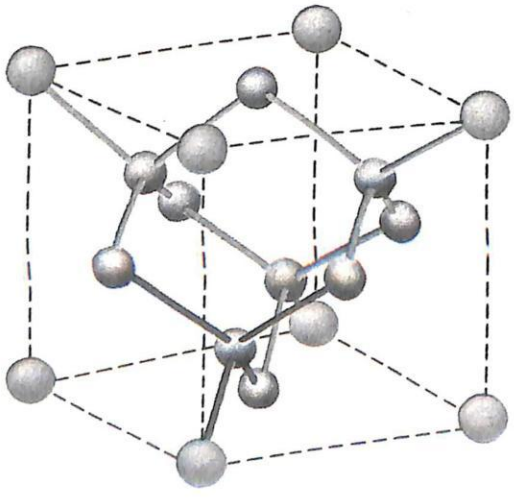
L'Editore

SOMMARIO
PER CAPITOLI

1 ELETTRONI E ELETTRICITA'
2 RESISTENZA E LEGGE DI OHM
3 CORRENTE ALTERNATA
4 CAPACITA
5 MAGNETISMO E ELETTRICITA'
6 INDUTTANZA
7 TRASFORMATORI
8 IMPEDENZA E CIRCUITI RISONANTI
9 QUARZI
10 STRUMENTI
11 INTERRUTTORI E RELE'
12 ESPERIMENTI 1
13 TUBI
14 SEMICONDUTTORI
15 LED
16 TRANSISTORI
17 TRANSISTORI SPECIALI
18 ESPERIMENTI 2
19 OPERAZIONALI E ALTRI IC LINEARI
20 TEMPORIZZATORI
21 PORTE DIGITALI
22 ALTRI IC DIGITALI
23 FAMIGLIE LOGICHE
24 SENSORI E TRASDUTTORI
25 ESPERIMENTI 3
26 ALIMENTATORI
27 OSCILLATORI
28 FILTRI
29 MODULAZIONE
30 RADIO
31 STEREO
32 TELEVISORE
33 CALCOLATORI E COMPUTER
34 RICERCA GUASTI E STRUMENTAZIONE



Atomo di silicio



Atomo di silicio e reticolo cristallino che si viene a creare quando gli atomi di un elemento sono forzati vicino a quelli di un altro.

Capitolo 1

Elettroni ed elettricita'

Per comprendere l'elettricità e l'elettronica, è necessario conoscere almeno i fondamenti teorici della struttura atomica.

ATOMI E LORO STRUTTURA

Tutte le sostanze sono composte da piccolissime particelle, dette "atomi". Esistono circa un centinaio di atomi di diversi tipi (92 presenti in natura, gli altri prodotti dall'uomo). Una sostanza composta esclusivamente da atomi di un solo tipo è denominata "elemento". Il rame, l'idrogeno, il carbonio, l'oro e l'ossigeno sono alcuni tra gli elementi più noti.
Due o più elementi possono essere combinati chimicamente per formare una sostanza più complessa, detta "composto". Per esempio, l'acqua è un composto formato da atomi di ossigeno e di idrogeno. La più piccola unità materiale che possa essere riconosciuta come un composto, invece che come elemento, è la "molecola". Se proviamo a frazionare una molecola d'acqua in particelle più piccole, troveremo due atomi di idrogeno ed un atomo di ossigeno. Miliardi di sostanze diverse possono essere formate mediante diverse combinazioni degli elementi fondamentali, proprio come le ventuno lettere dell'alfabeto possono essere combinate per formare milioni di parole diverse.
Un atomo è la più piccola particella riconoscibile come uno specifico elemento chimico, ma nemmeno l'atomo è indivisibile: è composto da particelle ancora più piccole, chiamate "protoni", "neutroni" ed "elettroni". Recenti scoperte hanno dimostrato l'esistenza di molte altre particelle subatomiche ma, per gli scopi che qui ci proponiamo, queste possono essere ignorate. Le dimensioni delle tre principali particelle elementari sono pressapoco uguali, ma i protoni ed i neutroni hanno una massa notevolmente maggiore di quella degli elettroni.
Allineando 250 milioni di atomi di idrogeno, si ottiene una lunghezza di circa 1 mm. Per coprire il diametro di un singolo atomo di idrogeno, ci vorrebbero circa 100.000 elettroni (o protoni o neutroni) allineati uno dietro l'altro. Gli atomi non contengono altro che un certo numero di particelle. L'atomo d'idrogeno è di solito formato da un solo protone ed un solo elettrone.
La maggior parte dello spazio occupato da un atomo è vuoto. I protoni ed i neutroni sono normalmente ammassati al centro, formando una struttura chiamata "nucleo". Gli elettroni orbitano intorno al nucleo. La struttura fondamentale di un comume atomo (carbonio) è di solito quella illustrata in Figura 1-1.
Noterete che questa disposizione è simile a quella del sistema solare. I vari pianeti ruotano attorno al sole come gli elettroni attorno al nucleo

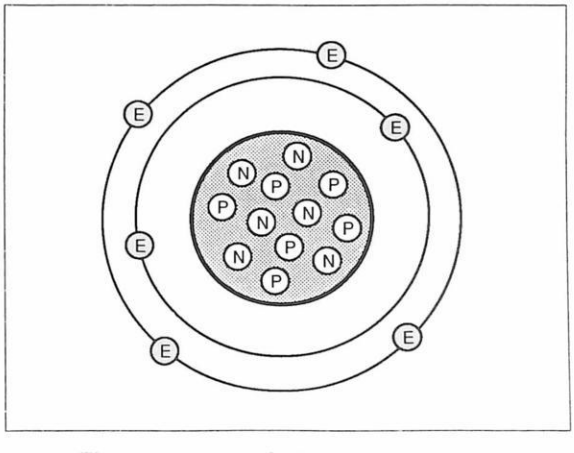


Figura 1-1. Struttura fondamentale di un atomo

È importante rendersi conto del fatto che un protone di piombo è esattamente uguale ad un protone, per esempio, di oro. Ciò che stabilisce la differenza tra gli elementi non è altro che il numero delle particelle contenute nell'atomo.

Carica elettrica

Quando un elettrone è isolato rispetto al suo atomo, mostra una piccolissima "carica elettrica". L'unità fondamentale di misura della carica elettrica è il "coulomb". Un coulomb equivale alla carica combinata di 6.250.000.000.000.000.000 ($6{,}25 \times 10^{18}$) elettroni.
Esistono in realta due tipi di carica elettrica: quella posseduta da un elettrone viene arbitrariamente definita "carica negativa".
Un protone ha la stessa quantita di carica elettrica del-

l'elettrone, ma di segno opposto, e pertanto viene definita "carica positiva".
Due particelle con carica di segno uguale (cioè due protoni o due elettroni) tendono a respingersi. Due particelle con carica di segno opposto (un elettrone ed un protone) tendono invece ad attirarsi. Questo è uno dei fattori che mantiene gli elettroni nella loro orbita intorno ai protoni del nucleo, che hanno carica opposta.
Normalmente, un atomo ha un numero uguale di protoni e di elettroni e di conseguenza non possiede, in rapporto all'esterno, nessuna carica elettrica: viene perciò definito "elettricamente neutro". In moltissimi casi, però , ad un atomo può essere aggiunto un elettrone in più che fornisce all'atomo stesso, nella sua globalità , una carica elettrica negativa. Nel caso inverso, un elettrone può anche essere sottratto, e l'atomo risulterà così caricato positivamente.
I neutroni, contenuti nel nucleo insieme ai protoni, non hanno una carica elettrica, sono cioè elettricamente neutri: da questa condizione deriva il loro nome.

Isotopi

Come stabilito in precedenza, il numero delle particelle contenuto in un atomo determina di quale specie di atomo si tratta. Per esempio, un normale atomo d'idrogeno (l'idrogeno è l'elemento più semplice) consiste in un unico protone, in un solo elettrone e non contiene nessun neutrone. Talvolta però , un nucleo di idrogeno può contenere uno o persino due neutroni (gli elementi così ottenuti si chiamano "idrogeno pesante", più precisamente "deuterio" e "trizio"). Si tratta sempre di atomi di idrogeno, ma presentano proprietà leggermente diverse (che comunque non rientrano negli scopi di questa trattazione). Queste varianti di un determinato tipo di atomo sono denominate "isotopi".
Il fatto che un atomo contenga anche neutroni, non significa necessariamente che si tratta di un isotopo. Molti elementi contengono un certo numero di neutroni nella loro forma fondamentale. Per esempio, il nucleo di un normale atomo di piombo contiene 82 protoni e 125 neutroni; i suoi isotopi contengono un numero ancora maggiore di neutroni.

Numero atomico e peso atomico

Gli elementi sono spesso identificati in base al loro "numero atomico", che definisce semplicemente il numero di protoni contenuti nel loro nucleo. Ciascun elemento ha il suo proprio numero atomico. Per esempio, l'idrogeno ha il numero atomico 1, quello dell'elio è 2, quello del carbonio è 6 e quello del piombo è 82. Il "peso atomico" dipende invece dal numero totale di protoni e neutroni. Generalmente il numero ed il peso atomico dell'idrogeno sono identici, cioè uguali ad 1 (è l'unico elemento per il quale questa affermazione sia vera). Gli isotopi dell'idrogeno possono però avere il peso atomico 2 o 3, mentre il numero atomico rimane sempre 1. Di solito il numero atomico del piombo è 82, ma il suo peso atomico è 207. È il numero atomico che determina a quale elemento appartiene un determinato atomo.
Gli elettroni e la maggior parte delle altre particelle subatomiche possono essere praticamente ignorati nella determinazione del peso atomico, perchè la loro massa è molto piccola in rapporto a quella dei neutroni e dei protoni e non influisce in maniera significativa sul peso dell'atomo. Anche queste particelle però hanno una loro massa, perchè si tratta di materia, e tutta la materia ha una massa. Ricordate che l'elettrone è una unità fisica, non un'unità di energia; possiede una certa energia potenziale in forma di carica elettrica negativa, ma è pur sempre oggetto fisico. Spesso si fa una certa confusione su questo argomento.

Orbite elettroniche

Torniamo allo schema dell'atomo illustrato in Figura 1-1. Osservate che gli elettroni sono disposti in cerchio attorno all'atomo secondo una serie di orbite fisse e concentriche. Ciascuna di queste orbite può contenere un numero massimo, fisso e ben determinato, di elettroni.
La prima orbita, quella più vicina al nucleo, può contenere soltanto uno o due elettroni. Se un atomo contiene tre elettroni, due saranno nell'orbita più interna, mentre il terzo si troverà nella seconda orbita, più esterna rispetto alla prima. Questa seconda orbita può contenere al massimo otto elettroni, la terza orbita ne può contenere 18, la quarta 32, la quinta 50 e la sesta 72. Non sono noti atomi con più di sei orbire elettroniche. Normalmente, le orbite più interne vengono completamente riempite, prima di iniziare a riempire quelle più esterne, ma questo comportamento non è universale.
Naturalmente, gli elettroni che possono essere estratti con maggiore facilità , per dare all'atomo una carica positiva, sono quelli dell'orbita più esterna. È più probabile che siano soggetti con maggiore facilità ad una forza d'urto esterna ed inoltre sono più lontani dall'attrazione dei protoni carichi positivamente, che tende a mantenerli inseriti nella loro posizione orbitale.

Conduttori e isolanti

Alcune sostanze cedono un elettrone (oppure accettano un elettrone in soprannumero) più facilmente di altre. Tali sostanze (di solito metalli) sono chiamate "conduttori", perchè conducono l'elettricità : permettono cioè che una corrente elettrica li attraversi. Questo concetto verrà spiegato con maggiori particolari nel prossimo paragrafo.
Una sostanza con una forte attrazione interna, quindi restia a liberare o ad accogliere elettroni, si chiama "isolante". La corrente elettrica può passare attraverso

un isolante, ma per questo è necessaria una forza molto maggiore di quella necessaria per attraversare i conduttori.
Qualsiasi atomo può essere costretto a cedere un elettrone. I conduttori sono invece quelle sostanze che cedono elettroni senza che venga esercitata una grande forza esterna.

CORRENTE ELETTRICA

Quando un elettrone viene liberato dai legami che lo trattengono in un atomo, comincia a vagare nello spazio fino a quando incontra un secondo atomo che lo accoglie, liberando a sua volta uno dei propri elettroni originali. Questo elettrone, a sua volta, colpisce un terzo atomo, eccetera. Ciascun singolo elettrone non effettua un percorso molto lungo, ma l'energia del movimento degli elettroni può essere trasmessa lungo tutta l'estensione del conduttore.
Un modello semplificato di questo processo è mostrato in Figura 1-2. Un tubo di cartone viene riempito con tre palline da ping pong. Quando un'altra pallina "X" viene spinta nel tubo, sposta la pallina "1", che a sua volta sposta la pallina "2" e quest'ultima infine spinge la pallina "3" fuori dall'altra estremità del tubo.

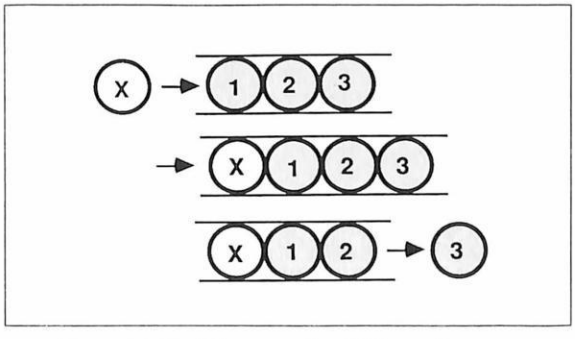


Figura 1-2. Modello meccanico del flusso di corrente

Tutto questo avviene pressochè istantaneamente: quando la pallina "X" viene spinta nel tubo, quasi immediatamente la pallina "3" viene spinta fuori. Ciascuna delle palline si è spostata molto poco e piuttosto lentamente, ma l'energia è stata trasmessa lungo il tubo.
Quando questo processo avviene con gli elettroni in un conduttore, si parla di "elettricita'" oppure di "corrente di elettroni".
Un altro modo di spiegare il fenomeno sarebbe di considerare il flusso reale degli elettroni (di solito indicato con la definizione semplificata di "flusso elettronico"). Se un coulomb (6,25 X 10^{18} elettroni) fluisce attraverso un determinato punto in un secondo, diremo che la corrente è di un "ampere".
L'ampere è l'unità fondamentale di misura della corrente elettrica, ma in molti casi pratici costituisce un valore troppo grande per essere pratico. In questi casi risulta più semplice usare i "milliampere", che equipotrebbe essere un unità troppo piccola. In questi casi viene usata come unità di misura il kilovolt. Un kilovolt equivale a 1000 volt; per esempio, 25 volt equivalgono a 25.000 millivolt oppure a 0,025 kilovolt. Analogamente, 2300 volt equivalgono ad 2,3 kilovolt oppure a 2.300.000 millivolt.
Nelle equazioni elettriche, la tensione viene di solito rappresentata dalla lettera E, ed è generalmente espressa in volt, a meno che non venga altrimenti stabilito.

POTENZA

Se vogliamo determinare la quantità di lavoro eseguita dal circuito, dobbiamo prendere in considerazione sia la corrente che la tensione. L'energia totale consumata è chiamata "potenza" e viene misurata in watt. Un watt di potenza viene consumato quando un volt fa scorrere un ampere attraverso un circuito.
La relazione tra potenza, tensione e corrente è rappresentata dalla seguente formula:

$$P = EI \qquad \text{Equazione 1-1}$$

dove P è la potenza, E la tensione ed I la corrente. Dalla formula si ricava che la potenza in watt è uguale alla tensione in volt moltiplicata per la corrente in ampere. Questa formula può essere risolta in modo da ottenere la corrente, se sono note la potenza e la tensione. In questo caso avremo:

$$I = P/E \qquad \text{Equazione 1-2}$$

Il significato delle variabili è lo stesso dell'equazione 1-1
E' infine possibile che siano note le potenza e la corrente ma non la tensione. L'equazione può essere allora scritta in questo modo:

$$E = P/I \qquad \text{Equazione 1-3}$$

Anche in questo caso le variabili hanno il medesimo significato. P viene di solito misurata in watt. Possono essere usati anche i kilowatt oppure i milliwatt, se queste unità risultassero più convenienti. La conversione è uguale a quella dei volt in kilovolt ed in millivolt.

BATTERIE

Come è possibile generare la forza elettrica necessaria per spingere una corrente attraverso un circuito? Possiamo convertire in energia elettrica un'altra forma di energia (per esempio l'energia meccanica, l'energia chimica, il calore o persino la luce). Uno dei sistemi più comuni e più semplici di ottenere energia elettrica consiste nello sfruttare l'energia chimica. Altri sistemi di produzione dell'elettricità verranno descritti nei prossimi capitoli.

Pile ad umido

Versando in un bicchiere d'acqua una piccola quantità di acido cloridico la miscela inizierà a scomporsi chimicamente, producendo "ioni" negativi e positivi. Uno ione è semplicemente una particella caricata elettricamente. Questo processo viene chiamato "ionizzazione" e la miscela acqua-acido è chiamata "elettrolita".
Se ora immergiamo una lastrina di zinco ed una di rame nella soluzione acqua-acido e colleghiamo le due lastrine metalliche ad un pezzo di filo, questo verra attraversato da una corrente elettrica (vedi Figura 1-3).
Quando la lastrina di zinco viene immersa nella soluzione acqua-acido, inizia a corrodersi emettendo ioni positivi. Ciascun ione positivo che abbandona la lastrina di zinco si lascia dietro due elettroni, cosicchè sul pezzetto di zinco ci sarà presto una sovrabbondanza di elettroni: in altre parole, lo zinco assumerà una carica negativa.

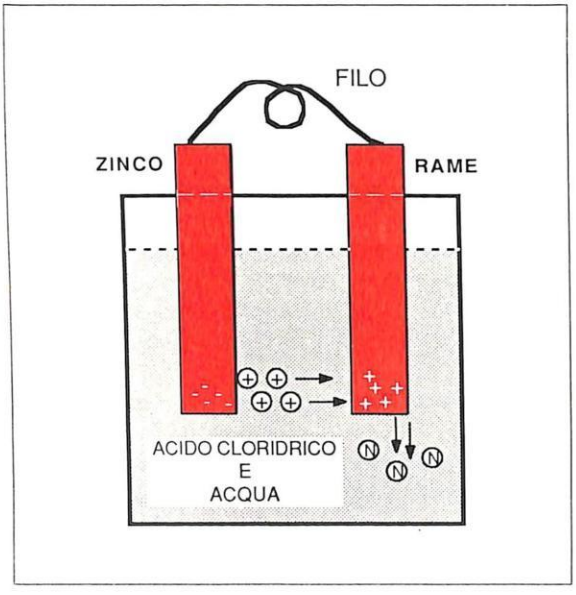


Figura 1-3. Pila ad umido

Nel frattempo, mentre gli ioni positivi viaggiano attraverso l'elettrolita, alcuni di essi entrano in collisione con la lastrina di rame. Il rame cede molto facilmente i suoi elettroni (è un ottimo conduttore) cosicchè gli ioni positivi estrarranno elettroni dalla lastrina di rame e verranno così neutralizzati. Poichè la lastrina di rame si trova ora ad avere una carenza di elettroni, assumerà una carica elettrica positiva.
La differenza tra la carica negativa sullo zinco e quella positiva sul rame crea un potenziale elettrico (chiamato "tensione") tra le due lastrine (chiamate "elettrodi"). Se gli elettrodi vengono collegati tra loro con un materiale conduttore (per esempio un pezzo di filo di rame), dal negativo al positivo passerà una corrente elettrica.
Questo dispositivo è denominato "pila elettrica". Poichè la pila elettrica ora descritta ha l'elettrolita in forma liquida, viene chiamata "pila ad umido".
Questo tipo di pila genera una tensione di circa 1 volt. Avrete notato che non è stato fatto nessun accenno alle dimensioni della pila: infatti, queste non sono in rapporto con la tensione prodotta. Dieci litri di elettrolita produrranno esattamente la stessa tensione di un bicchiere. Tuttavia, una pila più grande permetterà di ricavare una maggior quantità di corrente prima dell'esaurimento: durerà cioè più a lungo e potrà alimentare un carico di maggior potenza.
Per l'elettrolita e per gli elettrodi possono essere usati materiali diversi. La tensione dipenderà , entro certi limiti, dai particolari materiali usati.
Le pile ad umido presentano un certo numero di evidenti svantaggi. Devono essere piuttosto ingombranti per produrre una quantità utilizzabile di corrente; inoltre, poichè l'elettrolita è un liquido, potrà facilmente fuoruscire dal contenitore.
Inoltre, possono formarsi bollicine intorno all'elettrodo positivo, schermandolo e impedendo ad altri ioni di colpirlo: l'elettrodo verrà così in pratica neutralizzato. Questo naturalmente interromperà in parte l'azione chimica e la tensione scenderà rapidamente a zero. Questo processo è chiamato "polarizzazione". Esistono sistemi per evitare questo effetto (o almeno per limitarlo) ma, naturalmente, questi aumenteranno il costo e la complessità della pila.

Pile a secco

Gli inconvenienti appena descritti potranno essere in gran parte eliminati usando un elettrolita in forma pastosa. Tali pile sono chiamate "pile a secco".
Una pila a secco utilizza un bastoncino di carbone come elettrodo positivo, mentre l'elettrolita pastoso è formato principalmente da cloruro di ammonio. La pila è avvolta da un contenitore di lamierino di zinco, che serve anche da elettrodo negativo. Questa pila viene ovviamente denominata "pila a zinco-carbone".
La tensione erogata da una pila di questo genere va da 1,45 a 1,55 volt quando è nuova; la tensione scende man mano che la pila invecchia. Si dice che la tensione nominale è di 1,5 volt e questo valore viene di solito usato nel calcolo dei circuiti che contengono tali pile.
Anche in questo caso, le dimensioni della pila determinano la quantità di corrente erogabile, mentre la tensione rimane costante. La Figura 1-4 mostra le dimensioni standard più diffuse di queste pile. Tutte quelle illustrate hanno la tensione nominale di 1,5 volt.
La tabella 1-1 mostra le tipiche correnti erogabili dai quattro tipi più diffusi di pile a secco. Facciamo notare che la corrente fornita aumenta con l'aumentare delle dimensioni degli elementi.
La quantità della corrente effettivamente erogata dalla pila è determinata dal circuito ad essa collegato

(questo concetto verrà spiegato nei prossimi capitoli). Le cifre corrispondono alle prestazioni massime. Superando le correnti indicate in tabella 1-1, potranno verificarsi danni oppure un precoce esaurimento della pila.

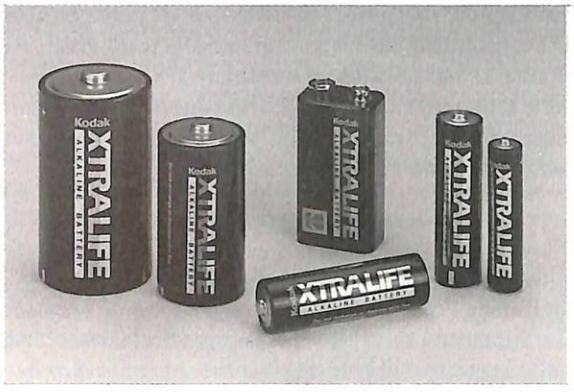


Figura 1-4. Dimensioni normalizzate delle pile a secco (AAA, AA, C e D)

Il principale svantaggio delle pile allo zinco-carbone è la possibilità di erogare una corrente relativamente bassa. Se vengono usate per alimentare anche un circuito di modesta potenza, avranno una breve durata. Inoltre, queste pile hanno una "durata di immagazzinamento" piuttosto limitata: ciò significa che possono

AAA	20 mA	1,5 volt
AA	25 mA	1,5 volt
C	80 mA	1,5 volt
D	150 mA	1,5 volt

Tabella 1-1. Corrente erogata dalle diverse pile allo zinco-carbone con dimensioni standard

andare fuori servizio anche se non vengono usate.
La corrente viene assorbita da una pila soltanto quando tra i suoi elettrodi o "terminali" viene collegato un circuito esterno detto "carico". Naturalmente, se i terminali non sono collegati, è in pratica impossibile il passaggio di una corrente tra essi (l'aria è un pessimo conduttore). Tuttavia, all'interno della pila è inevitabile una certa quantità di corrente dispersa che scarica la pila lentamente ma costantemente, anche se da essa non viene assorbita una corrente esterna. Tra le diverse sostanze che compongono la pila avvengono inoltre costantemente lente reazioni chimiche, le quali contribuiscono al deterioramento finale.
Per concludere, anche se le pile allo zinco-carbone sono accuratamente sigillate, nessuna chiusura è del tutto ermetica: l'umidità contenuta nell'elettrolita può quindi evaporare, ponendo termine all'attività chimica della pila.
Questi processi dipendono, entro certi limiti, dalla temperatura e pertanto il luogo in cui la pila viene conservata influenzerà la sua durata di immagazzinamento. Le alte temperature tendono a rendere più veloci le reazioni chimiche, mentre le basse temperature le rallentano. In altre parole, è opportuno conservare le pile a secco in un luogo fresco ed asciutto, senza però arrivare a congelarle. Se una pila allo zinco-carbone dovesse gelare, al momento dello scongelamento la sua durata risulterebbe estremamente ridotta.
La migliore temperatura per conservare queste pile va dai 4 ai 10 °C. A queste temperature, una pila a zinco-carbone potrà avere una durata di conservazione fino a 2-3 anni: solo 6 mesi invece nel caso di conservazione a temperatura ambiente. Se le pile fossero conservate in frigorifero sarà opportuno lasciarle lentamente riscaldare a temperatura ambiente prima di usarle. Alcuni credono che refrigerando un vecchia pila a secco questa possa essere rigenerata, ma non è vero.
Il modo in cui queste pile generano una tensione dipende da una reazione chimica che gradualmente corrode l'elettrodo negativo. Evidentemente, quando questo elettrodo è completamente distrutto od anche gravemente danneggiato, la pila risulta inutilizzabile, perchè non è possibile sostituirlo.
Applicando però alla pila una debole corrente "di polarita inversa" (cioe' un polo negativo al positivo e un positivo al negativo) prima che sia completamente esaurita, alcune delle reazioni chimiche (non tutte) potranno essere parzialmente invertite. Questa procedura può aumentare, entro certi limiti, la durata di una pila a secco. Essa non tornerà mai come nuova, perchè molte delle reazioni chimiche sono irreversibili, e l'elettrodo negativo viene ricostituito solo parzialmente. Inoltre, il processo potrà funzionare, per ciascun elemento, solo per un numero limitato di volte.
Questo processo è chiamato "carica" oppure, più correttamente, "ricarica" della pila. La corrente di ricarica deve essere molto bassa, perchè altrimenti la polarità invertita distruggerebbe la pila. Normalmente dovrete sempre evitare di collegare tra loro due generatori di tensione con le polarità invertite.
La limitazione ad un basso valore della corrente di ricarica significa che questo processo potrà durare dalle 12 alle 16 ore. È anche importante interrompere la corrente di carica quando la pila è completamente caricata.
Affinchè il processo di ricarica abbia la massima efficacia, la tensione applicata all'elemento non deve mai scendere al di sotto di 1 volt (due terzi della tensione nominale) e deve essere ricaricata immediatamente dopo essere stata staccata dal carico. Una pila ricaricata dovrà essere utilizzata il più presto possibile, perchè la sua durata di conservazione è molto breve.

Pile alcaline

Usando come elettrolita un materiale alcalino invece di un acido, la pila potrà erogare una maggior quantità di corrente.
La tabella 1-2 mostra le correnti fornite dai 4 tipi più diffusi di "pile alcaline".

Le pile alcaline hanno dimensioni esattamente uguali a quelle dei normali elementi a zinco-carbone, quando sono nuove, ed hanno anche la medesima tensione nominale di 1,5 volt. Di conseguenza le pile alcaline sono perfettamente intercambiabili con i corrispondenti elementi allo zinco-carbone.

AAA	200 mA	1,5 volt
AA	300 mA	1,5 volt
C	500 mA	1,5 volt
D	500 mA	1,5 volt

Tabella 1-2. Corrente erogata dalle diverse pile alcaline con dimensioni standard

Le pile alcaline costano, in generale, più di quelle allo zinco-carbone, ma la maggior corrente fornita significa una maggior durata in applicazioni ad elevato assorbimento di corrente. Un'unica pila alcalina può durare quanto 5 o 6 pile allo zinco-carbone e pertanto, a lungo termine, le alcaline risultano meno costose.
Tuttavia, nelle applicazioni a bassa corrente, le pile alcaline possono anche non rappresentare un reale vantaggio, a causa della durata di immagazzinamento relativamente breve.
Il principale svantaggio delle pile alcaline è il fatto di non poter essere ricaricate. L'applicazione di una corrente a polarità inversa ad una pila alcalina può danneggiare l'elemento o persino farlo esplodere.

Pile al nickel-cadmio

Un altro tipo di pila elettrica a secco, è la "pila al nickel-cadmio" (spesso abbreviata in Ni-Cd). Queste pile sono progettate per poter erogare correnti moderatamente elevate e sono completamente ricaricabili. Un tipico elemento Ni-Cd può essere in generale ricaricato da 500 a 1.000 volte prima di andare fuori uso.
Di solito, quando una pila al nikel-cadmio cessa di funzionare, ciò avviene a causa di un cortocircuito interno tra gli elettrodi. Spesso questo cortocircuito è dovuto al fatto di aver lasciato diminuire troppo la tensione prima della ricarica. La tensione di una pila al nickel-cadmio non deve essere mai lasciata scendere al di sotto di 1,05 volt.
Quando si sviluppa un cortocircuito all'interno di una pila al nickel-cadmio questa può essere talvolta "risuscitata" applicando per breve tempo una corrente a polarità inversa di valore moderatamente elevato; il sistema però non funziona sempre.
I requisiti per la ricarica delle pile al nickel-cadmio possono variare molto tra i diversi fabbricanti. Alcune sono progettate per essere ricaricate in appena tre o quattro ore; generalmente però sono necessarie circa 14 ore per una ricarica completa.
Quasi tutti gli elementi al nickel-cadmio sono costruiti in modo da evitare danni se la corrente continua ad essere applicata oltre il termine della carica. Questi elementi, a differenza di quelli allo zinco-carbone, possono essere lasciati nel dispositivo di ricarica per lunghi periodi di tempo. Un altro vantaggio di queste batterie è quello di non risentire degli sbalzi di temperatura come succede alle altre batterie a secco.
Le batterie Ni-Cd costano dalle quattro alle otto volte in più rispetto alle zinco-carbone, ma la loro durata è senza dubbio maggiore considerando il fatto che esse possono essere caricate un gran numero di volte. Al contrario delle alcaline che erogano 1,5 V, queste batterie raggiungono solo 1,25 V ma questo è uno svantaggio facilmente superabile prevedendo più celle in serie come vedremo nel prossimo paragrafo.

Batterie in serie ed in parallelo

Le pile sin qui descritte vengono spesso chiamate "batterie": questo non è esatto, perchè in realtà una batteria è formata da due o più pile collegate tra di loro in "serie" oppure in "parallelo".
Se è necessaria una tensione maggiore di quella generata da una unica pila a secco, possiamo collegarne due o più in serie, vale a dire una dietro l'altra. Questo tipo di collegamento è illustrato in Figura 1-5. L'elettrodo negativo (o terminale negativo) della pila A viene collegato al terminale positivo della pila B ed il terminale negativo della pila B al terminale positivo della pila C. Il circuito di carico è collegato tra il terminale positivo della pila A ed il terminale negativo della pila C. La corrente dovrà di conseguenza attraversare ciascuna delle pile che formano la serie: le tensioni si sommeranno. Nel nostro esempio, tre pile da 1,5 volt sono collegate in serie per formare una batteria la cui tensione sarà di 3 x 1,5 = 4,5 volt.
Analogamente, due pile da 1,5 volt produrranno una tensione di 3 volt, otto pile genereranno 12 volt eccetera. La corrente erogata dall'intera batteria di pile in serie sarà identica a quella di un'unica pila.
Ecco dove assume importanza la differenza di 0,25 volt presentata dagli elementi al Ni-Cd. Otto normali elementi allo zinco-carbone dovrebbero raggiungere i 12 volt, ma otto celle al Ni-Cd generano soltanto 10 volt: ci vorranno quindi dieci elementi al Ni-Cd per produrre un tensione di 12,5 volt, un'approssimazione di solito sufficiente.
Nella maggior parte delle applicazioni occorre un maggior numero di elementi al nickel-cadmio rispetto alle corrispondenti pile allo zinco-carbone, od alcaline. In alcuni dispositivi non è previsto lo spazio per inserire elementi in più e questo di solito determina l'impossibilità di usare le pile al Ni-Cd: così accade, per esempio, per quasi tutti i registratori portatili a cassette. Un gran numero di moderni dispositivi elettronici prevede tuttavia lo spazio necessario per questi elementi in piu . Il vano batterie è spazioso a sufficienza per contenere il numero necessario di elementi al Ni-Cd ed è previsto un accorgimento per riempire lo spazio che avanza quando vengono usate batterie allo zinco-carbo

ne oppure alcaline, che erogano una maggiore tensione per elemento.
Consideriamo ora un'altra situazione possibile. Supponiamo che la pila a secco disponibile abbia una tensione sufficiente, ma non possa erogare la corrente necessaria. Ricordate che la corrente prelevata da una pila (o da una batteria) è determinata dall'assorbimento del circuito di carico alimentato, ma ci sono limiti ben definiti alla corrente che una pila può fornire. Se la corrente assorbita è eccessiva, può esaurire prematuramente la pila o persino distruggerla. Di conseguenza, è talvolta necessario formare una batteria che possa aumentare la corrente erogabile, invece della tensione.
Tale batteria, mostrata in Figura 1-6 viene chiamata "batteria in parallelo". I terminali positivi sono tutti collegati tra loro e lo stesso avviene per i terminali negativi. Di conseguenza, gli elementi lavorano tutti insieme e ciascuno di essi fornisce solo una parte della corrente assorbita dal circuito di carico. In una batteria a tre elementi, come quella mostrata in figura, ciascuna pila fornisce soltanto un terzo della corrente totale. La tensione totale di una batteria in parallelo è ugua-

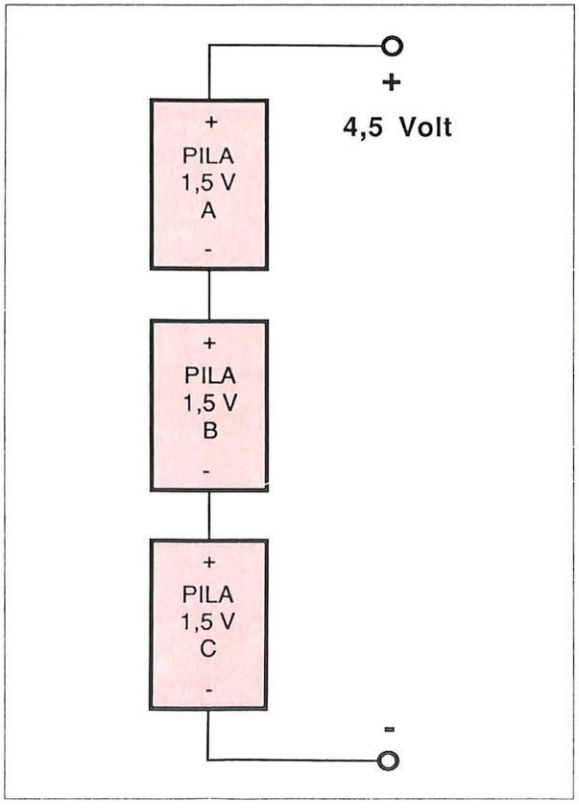


Figura 1-5. Tre pile a secco, collegate in modo da formare una batteria in serie

le a quella di un singolo elemento, ma la corrente erogabile viene moltiplicata per il numero di elementi che compongono la batteria. Per esempio, tre pile di grandezza C, collegate in parallelo, possono fornire fino a 240 milliampere se sono del tipo allo zinco-carbone, oppure 1500 milliampere (1,5 A) se vengono usate pile alcaline. Non si possono combinare tipi diversi di pile.
Nella pratica, le batterie in parallelo vengono usate raramente: la maggior parte degli apparecchi alimentati a batteria è progettata in modo da assorbire una bassa corrente. Se fosse necessaria una corrente elevata, la scelta cadrebbe su tipi diversi di alimentatori, che verranno analizzati nei prossimi capitoli. Quando invece sono necessari valori più elevati tanto di tensione quanto di corrente, possono essere usate contemporaneamente le tecniche di collegamento in serie ed in parallelo.

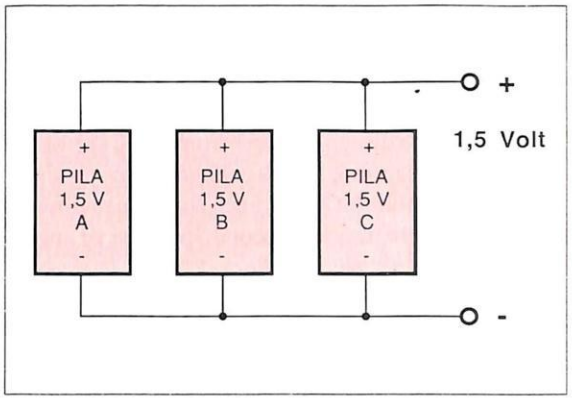


Figura 1-6. Tre pile a secco, collegate in modo da formare una batteria in parallelo

SIMBOLI SCHEMATICI

Negli schemi elettronici non è di solito necessario, e nemmeno utile, disegnare realmente ciascun componente, soprattutto quando il circuito è molto complesso. Viene invece utilizzata una specie di stenografia visiva per comporre particolari disegni, che sono chiamati"schemi".
Ogni componente elettronico è rappresentato da un particolare simbolo. In alcuni casi progettisti diversi possono usare simboli differenti, ma le differenze normalmente sono minime. D'ora in poi, ogni volta che descriveremo un componente presenteremo anche il suo simbolo (od i suoi simboli).
Il simbolo schematico standard di una pila elettrica è mostrato in Figura 1-7 A, mentre il simbolo della batteria è mostrato in Figura 1-7 B. Facciamo notare che il simbolo della batteria è formato da soli tre (talvol-

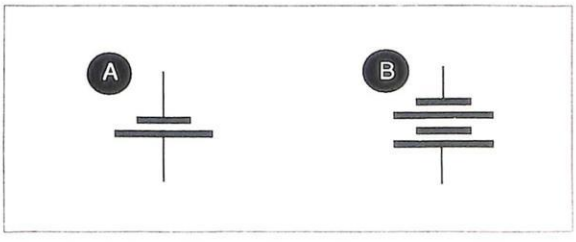


Figura 1-7. Simboli schematici di una pila elettrica (A) e di una batteria (B)

ta persino due) simboli unitari di elementi di pila. Infatti sullo schema vengono di solito rappresentate solo due o tre delle pile che compongono la batteria, senza tener conto di quante siano le pile effettivamente utilizzate nel circuito. Questa convenzione ha il solo scopo di semplificare il disegno: sarebbe infatti piuttosto scomodo dover disegnare, per esempio, tutte le singole pile che compongono una batteria da 22,5 volt o da 45 volt.

Occorre anche sottolineare che il simbolo di Figura 1-7 B viene usato in generale soltanto per le batterie in serie. Nel caso delle batterie in parallelo vengono indicati soltanto i singoli elementi.

In alcuni schemi non si trova il segno "+" in corrispondenza al terminale positivo, perchè questa indicazione non è ritenuta realmente necessaria. Il segno "+" facilita semplicemente l'osservazione della polarità a prima vista. Analogamente, accanto al terminale negativo può essere disegnato oppure omesso il segno "-".

Negli schemi elettrici, i fili di collegamento sono indicati a tratto continuo. Queste linee non sono mai curve, ma quasi sempre tracciate secondo percorsi ad angolo retto.

Quando due linee di uno schema si incrociano, potrebbero creare una certa confusione perchè qualche volta l'incrocio può significare che le linee sono elettricamente collegate, mentre altre volte può indicare che esse sono semplicemente una vicina all'altra, senza contatto elettrico. La Figura 1-8 mostra tre normali sistemi per indicare l'incrocio di più fili in uno schema elettrico. Osservare che il simbolo di assenza di collegamento mostrato in Figura 1-8 A è uguale a quello di giunzione della Figura 1-8 B. Per evitare ambiguità, sono da preferire i simboli indicati in Figura 1-8 C. Quando esaminate uno schema elettrico, accertatevi sempre di sapere secondo quale convenzione è stato disegnato.

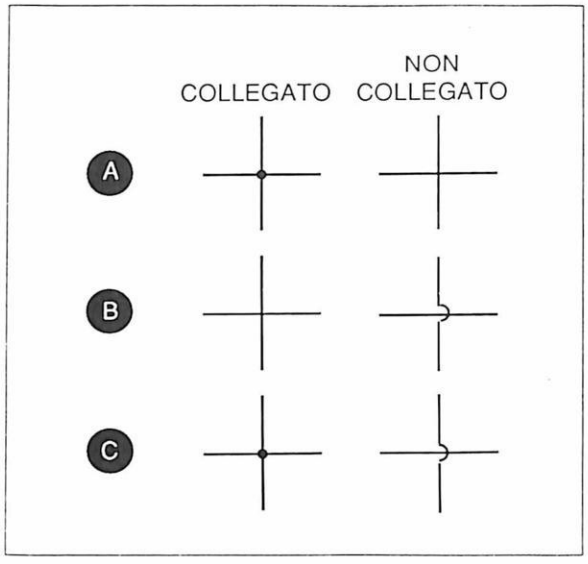


Figura 1-8. Simboli schematici per gli incroci dei fili di collegamento

1. Tra i nomi che seguono, quale NON indica una delle parti fondamentali dell'atomo?
A *Coulomb*
B *Elettrone*
C *Protone*
D *Neutrone*

2. Quali delle seguenti particelle provocano l'elettricità , scorrendo attraverso un conduttore?
A *Protoni*
B *Isotopi*
C *Molecole*
D *Elettroni*

3. Qual'è l'unità fondamentale di misura del flusso della corrente?
A *Peso atomico*
B *Coulomb*
C *Volt*
D *Ampere*

4. Qual'è l'unità fondamentale di misura della potenza elettrica?
A *Watt*
B *Volt*
C *Isotopo*
D *Elettrolita*

5. Una normale pila per torcia tipo D è :
A *Un carico*
B *Una pila a secco*
C *Una pila ricaricabile*
D *Una pila ad umido*

6. Quale delle seguenti coppie di metalli è in grado di formare buoni elettrodi in una batteria di pile ad umido?
A *Zinco e rame*
B *Zinco e ferro*
C *Ferro e rame*
D *Due lastrine di zinco*

7. Quale funzione svolge il collegamento in serie delle pile per formare una batteria?
A *Aumenta la corrente*
B *Diminuisce la corrente*
C *Diminuisce la tensione*
D *Aumenta la tensione*

8. Quale funzione svolge il collegamento in parallelo delle pile per formare una batteria?
A *Aumenta la tensione*
B *Diminuisce la tensione*
C *Aumenta la corrente*
D *Diminuisce la corrente*

9. Se la tensione applicata ad un circuito è di 12 volt ed il flusso di corrente equivale a 3 ampere, qual'è la potenza, in watt, consumata dal circuito?
A *36 watt*
B *4 watt*
C *0,25 watt*
D *0,4 watt*

10. Se ad un circuito, che consuma 75 watt, è applicata una tensione di 15 volt, quanta corrente scorre attraverso il circuito?
A *0,2 ampere*
B *11,25 ampere*
C *6 ampere*
D *5 ampere*

Le risposte sono alla fine del capitolo n.2

Capitolo 2

Resistenza e legge di Ohm

Cosa determina la quantità di corrente che un circuito assorbe da una batteria o da un altro generatore di tensione? Torniamo alla nostra analogia con l'automobilina. Potrebbe sembrare che, conoscendo l'inclinazione del tavolo, dovremmo conoscere immediatamente la velocità alla quale l'automobilina scenderà il pendio, ma ci sono altri fattori che influenzano questa velocità , ed il più importante è l'attrito: l'automobilina correrà molto più velocemente su un tavolo lucido che su un piano ruvido. L'attrito fa rallentare l'automobilina: in altre parole, oppone una resistenza al movimento.
L'equivalente elettrico dell'attrito è la "resistenza" (rappresentata dalla lettera R). La resistenza impedisce, ovvero agisce nel senso di frenare il passaggio della corrente. Potreste pensare che la resistenza è qualcosa da evitare sempre, nei limiti del possibile: nei circuiti pratici invece essa costituisce in realtà un fattore molto utile.
Non bisogna dimenticare che, quanto maggiore è la corrente assorbita da una batteria o da una pila, tanto più velocemente esse si scaricheranno. La resistenza pone un limite al totale della corrente assorbita; come vedremo in seguito, essa può anche ridurre la tensione in determinate parti del circuito.

LEGGE DI OHM

L'unità fondamentale della resistenza è l'"ohm", che viene indicato con la lettera greca Ω (OMEGA). La tensione di 1 volt fa passare la corrente di 1 ampere attraverso la resistenza di 1 ohm. La relazione tra questi tre fattori è forse il concetto più importante in elettronica e viene definita da un principio chiamato "Legge di Ohm", secondo il quale la tensione equivale alla corrente moltiplicata per la resistenza, ovvero:

$$E = IR \qquad \text{Equazione 2-1}$$

E è la tensione, in volt; I è la corrente, in ampere, ed R è la resistenza, in ohm. E verrà sempre espressa in volt, anche se la corrente è data in milliampere e la resistenza in "kilo-ohm" (vedi in seguito).
Con una semplice sostituzione algebrica, possiamo riscrivere l'equazione risolta per la corrente, quando sono note la tensione e la resistenza.

$$I = E/R \qquad \text{Equazione 2-2}$$

oppure possiamo risolverla per la resistenza, quando sono note la tensione e la corrente:

$$R = E/I \qquad \text{Equazione 2-3}$$

Ricorderete che, nel precedente capitolo, abbiamo dimostrato che la potenza in watt equivale alla tensione moltiplicata per la corrente (P = EI). Possiamo combinare questa equazione con la legge di Ohm per trovare la potenza consumata, quando siano note la resistenza e la corrente:

$$P = EI$$
ed $E = IR$
pertanto $P = (IR)I$ ovvero
$$P = I^2R \qquad \text{Equazione 2-4}$$

Analogamente, quando siano note la resistenza e la tensione:

$$P = EI$$
ed $I + E/R$
pertanto $P = E(E/R)$ ovvero
$$P = E^2/R \qquad \text{Equazione 2-5}$$

Queste equazioni sono molto versatili e sono essenziali per una buona conoscenza dell'elettronica.
In molti circuiti pratici, l'ohm è un'unità troppo piccola: di conseguenza vengono spesso usati i "kiloohm" (mille ohm), ed i "Megaohm" (un milione di ohm). I kiloohm sono spesso abbreviati anteponendo alla lettera greca Omega la lettera k; analogamente i Megaohm si abbreviano anteponendo la lettera M.

RESISTORI

I "resistori", cioè i componenti probabilmente più utilizzati in elettronica, sono stati progettati per introdurre in un circuito una determinata resistenza.

Nella Figura 2-1 sono illustrati alcuni caratteristici tipi di resistori, di diverse misure, che possono elaborare potenze diverse. Quando un resistore entra in funzione si riscalda, cioè converte l'energia elettrica in ener-

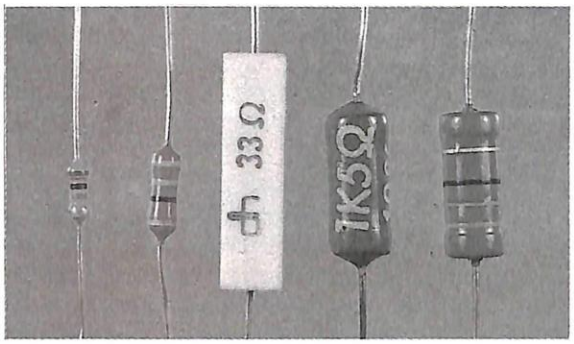


Figura 2-1. Diverse dimensioni dei resistori: da 0,125 watt a 2 watt

gia termica (calore). Se un resistore si dovesse scaldare troppo, potrebbe cambiare il suo valore o rimanere danneggiato. Per evitare questo inconveniente, è opportuno usare sempre un resistore che possa sopportare (o dissipare) tutta la potenza richiesta. In caso di dubbio, usare un resistore di potenza più elevata: un resistore da 2 watt, per esempio, funzionerà molto bene in un circuito da 0,5 watt.

Sfortunatamente, i resistori di elevata potenza tendono ad essere piuttosto costosi ed ingombranti: per questa ragione, di solito si utilizza il più piccolo resistore che possa sopportare agevolmente la potenza necessaria. Nella maggior parte dei circuiti elettronici, i resistori da 0,5 watt sono più che sufficienti. Negli schemi basati sui "circuiti integrati" (dei quali parleremo in un prossimo capitolo) vengono invece generalmente usati componenti da 0,25 watt.

Codifica a colori dei resistori

Osservate di nuovo le Figure 2-1 e, soprattutto, 2-2: noterete che sono visibili quattro bande colorate intorno al corpo di ciascun resistore. Queste bande sono codificate a colori e vengono usate per identificare il valore del resistore. Il codice a colori standard per i resistori è mostrato nella Tabella 2-1. Chiunque lavori nel campo dell'elettronica, utilizza questa tabella talmen-

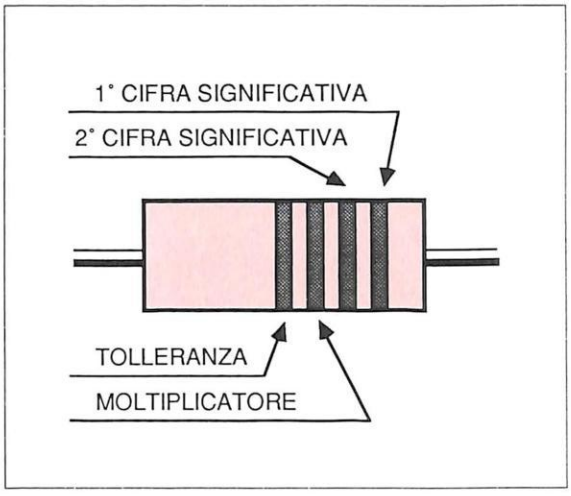


Figura 2-2. Bande di codifica a colori di un tipico resistore

te spesso da impararla automaticamente a memoria. A prima vista, potrebbe forse sembrare un pò complicata, ma una volta che ci si abitua ad usarla diventa semplicissima.

Supponete di avere un resistore con i seguenti contrassegni: la banda più vicina all'estremità del resistore (banda 1) è rossa, la banda successiva (banda 2) è viola, la banda 3 è arancione e l'ultima banda (banda 4)

Colore	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4
Nero	0	0	1	—
Marrone	1	1	10	1 %
Rosso	2	2	100	2 %
Arancio	3	3	1000	3 %
Giallo	4	4	10.000	4 %
Verde	5	5	100.000	—
Blu	6	6	1.000.000	—
Viola	7	7	10.000.000	—
Grigio	8	8	100.000.000	—
Bianco	9	9	—	—
Oro	—	—	0,1	5 %
Argento	—	—	0,01	10 %
Nessun colore	—	—	—	20 %

Tabella 2-1. Codice a colori normalizzato per i resistori

è di color argento. Qual'è il valore del resistore?
Dato che la prima banda è rossa, la tabella ci dice che la prima "cifra significativa" è 2. Analogamente, la seconda banda (viola) indica che la seconda cifra significativa è 7. Abbiamo dunque un valore di 27.
La banda successiva (banda 3) definisce il "moltiplicatore": nel nostro esempio è di colore arancione e pertanto dovremo moltiplicare le cifre significative per 1000. Il valore totale del resistore è allora di 27.000 ohm, ovvero di 27 kiloohm.
La quarta banda indica la tolleranza del resistore. È molto difficile costruire un resistore che abbia esattamente il valore indicato, e di solito non è nemmeno necessario. L'effettivo valore di un resistore può essere leggermente maggiore o minore del valore nominale indicato dalle prime tre bande colorate.
Nel nostro esempio, la banda di tolleranza è argentea: ciò significa che il valore reale del resistore è compreso tra il valore indicato (cioè 27.000 ohm) aumentato o diminuito del 10%. Questo particolare resistore potrà cioè avere un qualsiasi valore reale compreso tra 24.300 e 29.700 ohm: una precisione sufficiente per la maggioranza delle applicazioni.
Talvolta però sono necessari resistori con precisione del 20% soltanto: in questo caso non è presente la quarta banda. Supponendo che il resistore abbia un valore nominale di 27.000 ohm, potrà in realtà avere qualsiasi valore compreso tra 21.600 e 32.400 ohm.
In altre applicazioni, invece, serve talvolta una precisione maggiore. Se la quarta banda di un resistore è di colore oro, vuol dire che il componente ha una tolleranza del 5%. Sempre con un valore nominale di 27.000 ohm, il valore reale potrà variare da 25.650 a 28.350 ohm.
In alcune applicazioni molto specialistiche, infine, può essere necessaria un'elevata precisione. In questi casi vengono usati resistori con tolleramza dell'1% (spesso chiamati "resistori di precisione"). Il valore reale di un resistore all'1% potrà cioè variare soltanto tra 26.730 e 27.270 ohm. Il valore nominale di un resistore di precisione è di solito stampigliato per esteso sul corpo del componente, senza usare un codice a colori.
La maggior parte dei resistori da 0,5 watt ha una tolleranza del 10%, anche se recentemente la tendenza è diretta ad un utilizzo sempre maggiore dei resistori con tolleranza del 5 %. Evidentemente, quanto migliore è la precisone, tanto maggiore sarà il costo di fabbricazione del resistore; comunque, quando la precisione non è necessaria, in generale è opportuno usare componenti ad ampia tolleranza.
Tenete presente che anche un resistore con tolleranza al 20% può avere esattamente il suo valore nominale, ma il fabbricante garantisce soltanto un valore qualsiasi tra più e meno 20 % del valore indicato.
Ecco ora alcuni esempi di utilizzo del codice a colori. Se le bande del resistore sono marrone, nero, verde, oro, il valore sarà : 1 (marrone), 0 (nero), x 100.000 (verde), +/- 5 % (oro), ossia un valore nominale di 1.000.000 di ohm (1 Megaohm).
Se invece un resistore fosse marcato blu, grigio, rosso, senza la quarta banda, il valore sarebbe 6 (blu), 8 (grigio) x 100 (rosso), ossia 6800 ohm (6,8 kiloohm), con tolleranza del 20%.
Quando vi sarete abituati ad usare il codice a colori, esso diventerà per voi come una seconda natura e sarete in grado di leggere direttamente il valore di un resistore senza doverci pensare.
Provate ora ad interpretare da soli questi altri esempi di codici a colori: se un resistore è marcato giallo, viola, giallo, argento ed il suo valore reale è di 450.000 ohm, il componente è compreso nella tolleranza? Se un resistore è marcato rosso, rosso, rosso, oro ed il valore reale è di 2000 ohm, il componente è compreso nella tolleranza?

Tipi di resistori fissi

Se in un circuito sono necessari solo pochi ohm di resistenza, il resistore potrà essere semplicemente costituito da un pezzo di filo di "nickel-cromo", di sezione e lunghezza adatte. Il nickel-cromo presenta una resistenza molto maggiore del semplice filo di rame (tutti i conduttori hanno un certo grado di resistenza) e pertanto potrà servire a costruire piccoli "resistori a filo avvolto" senza che la lunghezza divenga eccessiva. Il filo di nickel-cromo (talvolta chiamato filo resistivo) viene avvolto normalmente su un nucleo di ceramica e poi rivestito con un materiale isolante.
Di solito, però , le resistenze necessarie nei circuiti elettronici pratici sono troppo elevate per poterle ottenere mediante un filo avvolto: in questi casi si ricorre ai cosiddetti "resistori a composizione", di solito basati su un sottile rivestimento di carbone deposto su un tubetto ceramico. Il carbone è un conduttore piuttosto scarso e pertanto possono essere ottenute resistenze molto elevate in uno spazio relativamente contenuto. Il limite superiore di tali resistori "a strato di carbone" si aggira di solito sui 10 megaohm. Naturalmente, il resistore è rivestito con un involucro isolante, sul quale sono stampigliati i codici a colori.
Un altro tipo comune di resistore utilizza, al posto dello strato di carbone, un sottile strato metallico. I resistori "a strato metallico" hanno di norma valori più precisi di quelli a composizione di carbone; sono anche meno sensibili alle variazioni di temperatura (i resistori a strato di carbone possono talvolta cambiare valore alle temperature estreme) e producono una minore quantità di rumore interno (variazioni di tensione casuali ed indesiderabili, nonchè fluttuazioni della potenza).
Tutti questi componenti sono chiamati "resistori fissi" perchè , a meno di eventuali danneggiamenti, il loro valore è più o meno costante (il valore di tutti i resistori cambia leggermente in risposta alle fluttuazioni della temperatura). Il simbolo schematico di un resisto-

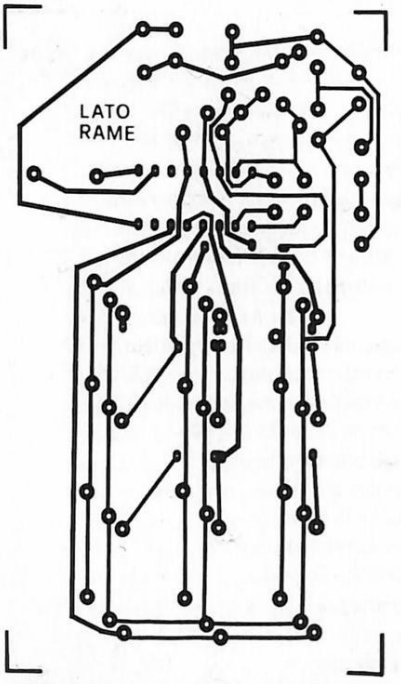
COMANDO DTMF VIA TELEFONO (RICEVITORE)

COMANDO DTMF VIA TELEFONO (TRASMETTITORE)

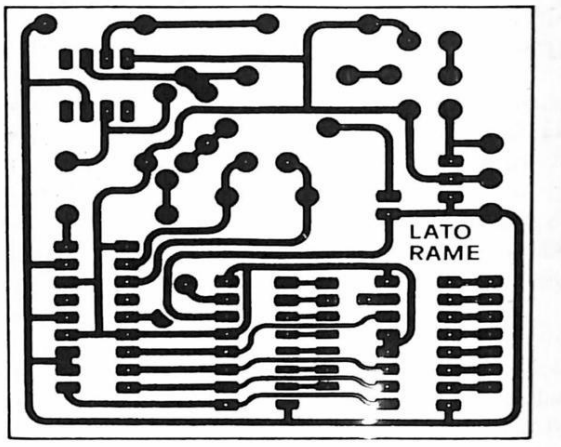
VCO DA 20 A 40 MHZ

ECO ELETTRONICA

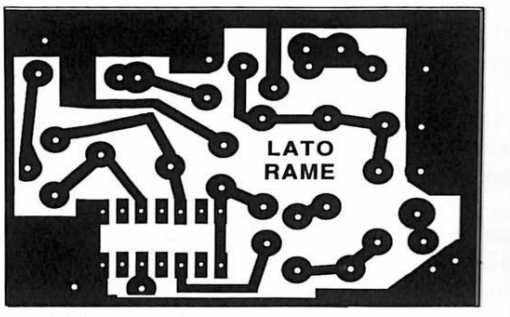
RIVELATORE TASCABILE DI RADIOATTIVITA'



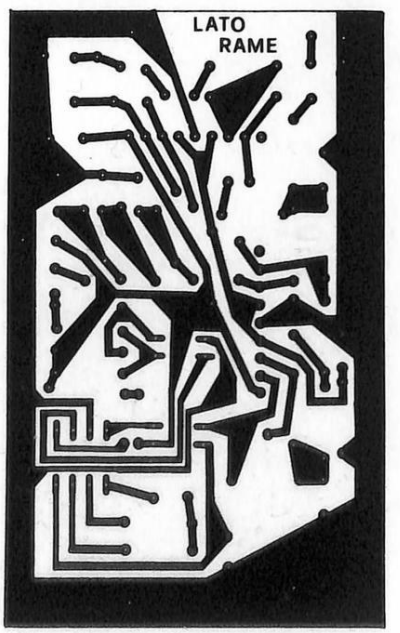
COMANDO DTMF VIA TELEFONO (TRASMETTITORE)



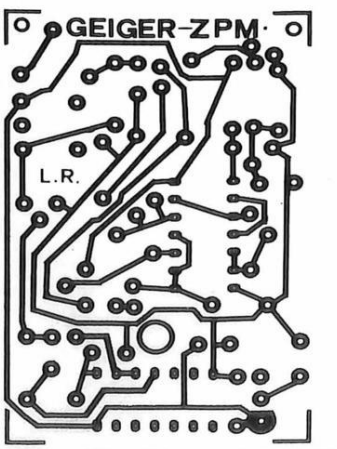
COMANDO DTMF VIA TELEFONO (RICEVITORE)



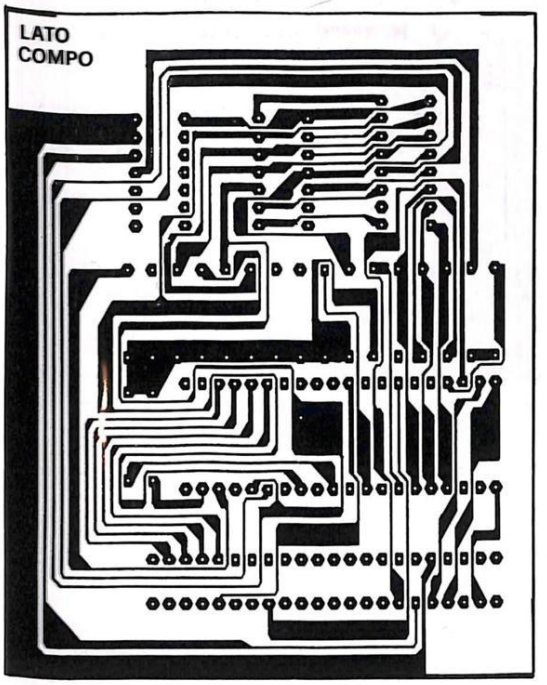
VCO DA 20 A 40 MHZ



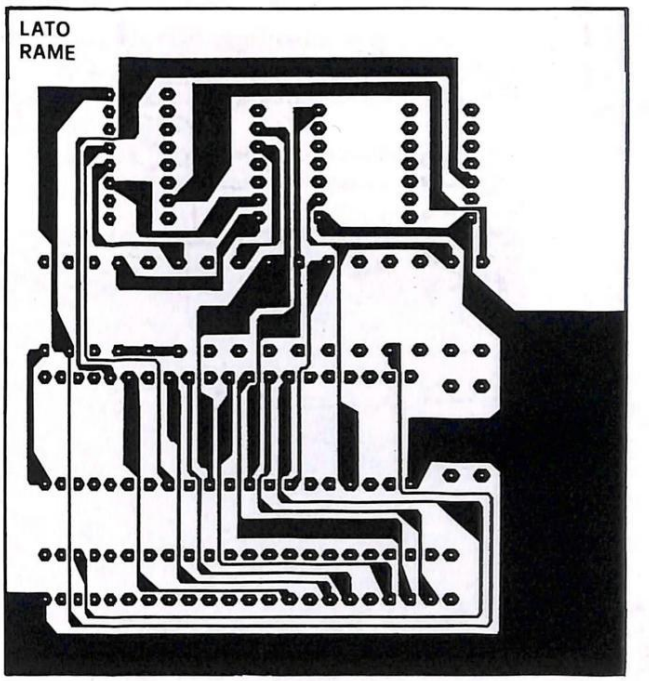
ECO ELETTRONICA



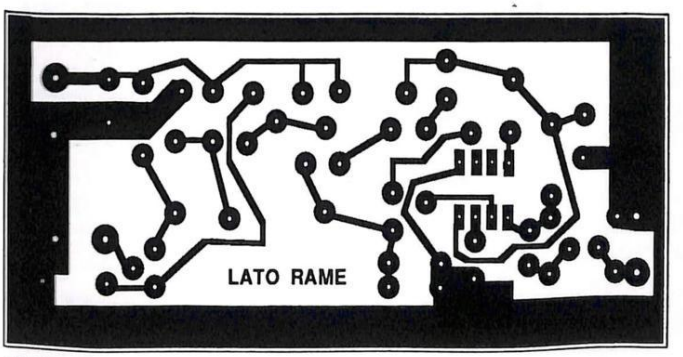
RIVELATORE TASCABILE DI RADIOATTIVITA'



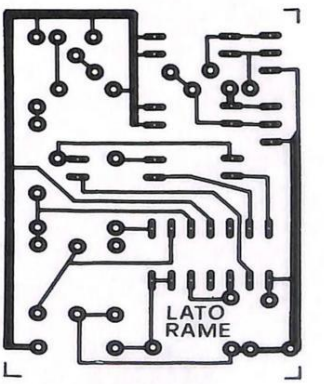
IL C64 COME TESTER DI IC TTL (LATO COMPONENTI)



IL C64 COME TESTER DI IC TTL (LATO RAME)

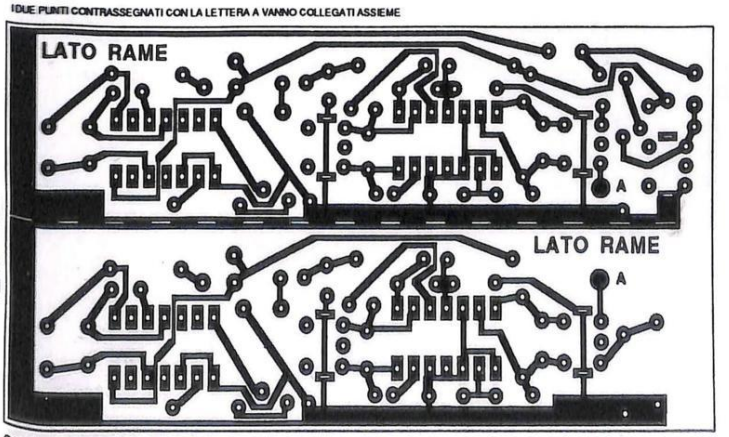


CUFFIA STEREO A IR (TRASMETTITORE)



TEST PER AUTO

I DUE PUNTI CONTRASSEGNATI CON LA LETTERA A VANNO COLLEGATI ASSIEME



CUFFIA STEREO A IR (RICEVITORE)

Il C64 come tester di IC TTL (lato componenti)

Il C64 come tester di IC TTL (lato rame)

Cuffia stereo a IR (trasmettitore)

Test per auto

Due piani contrassegnati con la lettera A vanno collegati assieme

Cuffia stereo a IR (ricevitore)

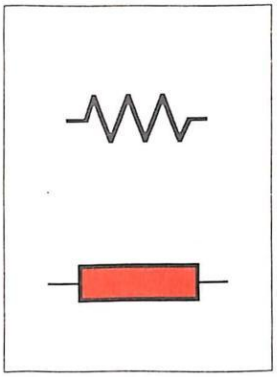


Figura 2-3. Simbolo schematico di un resistore fisso

Figura 2-4. Potenziometro doppio

re fisso è mostrato in Figura 2-3.

Resistori variabili

È spesso necessario poter variare la resistenza inserita in un circuito: in tal caso vengono usati i "resistori variabili", detti anche "reostati" o "potenziometri". Questi termini sono più o meno intercambiabili, ma in generale viene chiamato reostato un dispositivo adatto a circuiti c.a. di elevata potenza (vedi Capitolo 3), mentre i potenziometri sono usati nei circuiti di potenza relativamente ridotta.
Inoltre, i potenziometri hanno di solito tre terminali (vedi Figura 2-4). I due terminali più esterni funzionano come se tra essi fosse inserita una semplice resistenza fissa, che pertanto non può cambiare. Il terminale centrale invece è collegato ad un cursore, comandato da una manopola. Il cursore viene spostato lungo l'elemento resistivo, che può essere del tipo a filo avvolto oppure a strato di carbone. A seconda della posizione del cursore, varia la resistenza inserita tra di esso e l'uno o l'altro dei due terminali esterni (vedi Figura 2-5).

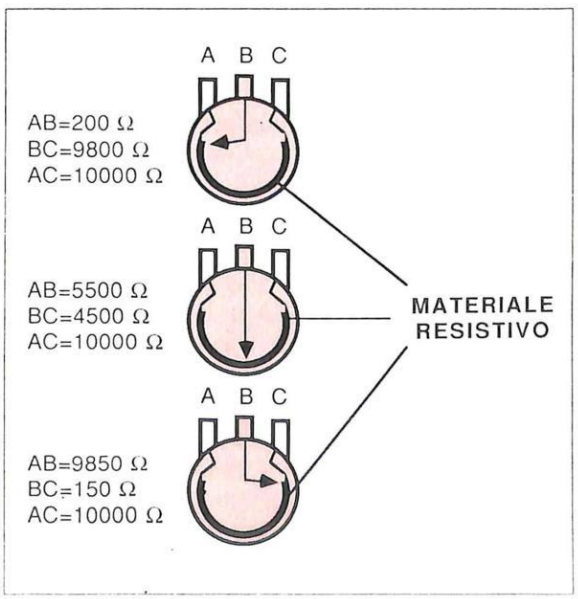


Figura 2-5. Variazioni della resistenza di un potenziometro quando il cursore viene spostato lungo il suo percorso

Facciamo notare che la somma delle resistenze A-B e B-C è sempre uguale alla resistenza totale costante A-C. Quando la resistenza A-B aumenta, diminuisce la resistenza B-C, e viceversa.
Una variazione del potenziometro standard è il "potenziometro a slitta", mostrato in Figura 2-6. con altri

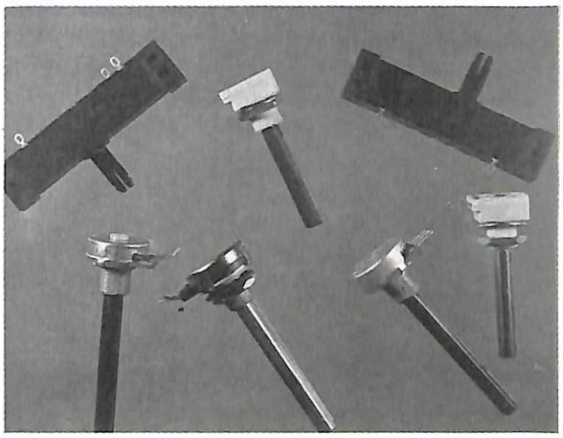


Figura 2-6. Vari tipi di potenziometri

potenziometri standard. Esso funziona esattamente come un potenziometro normale, tranne per il fatto che il cursore si muove in linea retta invece che lungo un arco di cerchio. Questi potenziometri sono vantaggiosi soltanto in quelle applicazioni, dove sia necessario vedere facilmente la posizione del cursore.
Il simbolo schematico di un potenziometro è illustrato in Figura 2-7, e vale indifferentemente sia per i tipi standard che per quelli a slitta.
Il reostato e' invece spesso un dispositivo a due terminali, cioè dispone di un terminale fisso e di un terminale mobile (cursore). Il secondo terminale fisso è semplicemente non collegato. La Figura 2-8 mostra il

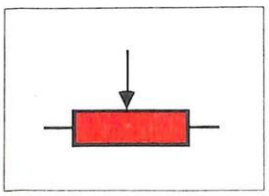


Figura 2-7. Resistore variabile a 3 terminali

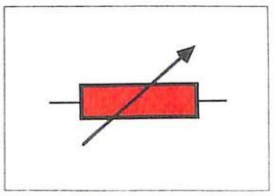


Figura 2-8. Resistore variabile a 2 terminali

simbolo schematico più diffuso per un resistore variabile a due terminali. Alternativamente, si può anche usare il simbolo standard di un potenziometro, lasciando scollegato uno dei terminali esterni (fissi).
I potenziometri ed i reostati sono in generale montati su un pannello di controllo: l'utilizzatore gira una manopola (collegata all'alberino del resistore variabile) per modificare in un certo modo il funzionamento del circuito. Per esempio, in un amplificatore audio, si possono regolare, tramite potenziometri, il volume ed il tono.

Talvolta è però necessario un resistore variabile per effettuare una regolazione precisa del circuito, magari per compensare le tolleranze di componenti che potrebbero pregiudicare il corretto funzionamento del circuito stesso. In tali casi, serve un resistore variabile da regolare una volta per tutte e poi lasciare fisso. Per questo tipo di regolazione vengono utilizzati i "potenziometri semifissi" o "trimmer" (vedi Figura 2-9).

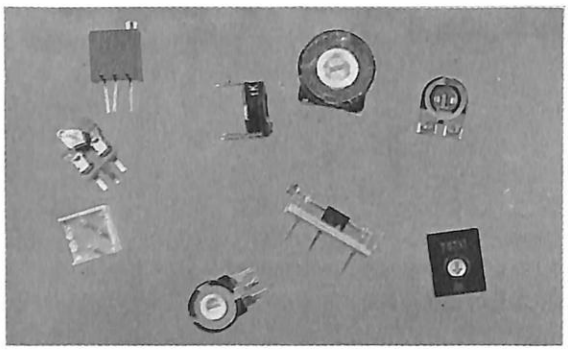


Figura 2-9. Vari tipi di potenziometri semifissi (trimmer)

I trimmer sono semplici potenziometri in miniatura, il cui cursore viene posizionato mediante un cacciavite e non con una manopola esterna. Talvolta, quando viene raggiunta la regolazione ottimale, la si fissa mettendo una goccia di vernice o di collante sulla cava per il cacciavite, per evitare che il cursore si sposti accidentalmente. In altre applicazioni, il trimmer potrebbe necessitare di riaggiustamenti periodici (per esempio, per compensare variazioni di valore, dovute ad invecchiamento dei componenti), ma non abbastanza frequenti da giustificare il più costoso ed ingombrante controllo esterno, montato sul pannello frontale. Inoltre, ci sono spesso regolazioni critiche, effettuabili soltanto con l'ausilio di apparecchiature di prova speciali, che devono essere tenute fuori dalla portata dell'utilizzatore occasionale per evitare regolazioni non corrette.

La "curva" di un potenziometro è relativa al modo in cui la resistenza varia in rapporto alla posizione del cursore. Le due curve di risposta più comuni sono rappresentate graficamente in Figura 2-10.

La "curva lineare" (Figura 2-10A) mostra una variazione della resistenza direttamente proporzionale alla posizione del cursore: la curva si riduce ad una semplice linea retta.

La curva logaritmica (Figura 2-10B) presenta invece una relazione più complessa tra la resistenza e la posizione del cursore. Questa relazione è basata sulla funzione matematica dei logaritmi.

Il tipo di curva da usare dipende dalla natura del particolare circuito. Per esempio, i controlli di volume hanno una curva di risposta logaritmica, perchè la sensibilità dell'udito varia con legge logaritmica. Se fosse usato a questo scopo un potenziometro con variazione lineare, la maggior parte del campo apparente di variazione dell'intensità sonora sarebbe concentrato in una sezione relativamente piccola del percorso di rotazione della manopola. Con un potenziometro a curva logaritmica, la posizione della manopola sarà in rapporto più stretto con la variazione di volume percepita.

COMBINAZIONI DI RESISTORI

I circuiti elettronici pratici sono rappresentati da un'unica resistenza e pertanto, nel caso di resistenze multiple disposte in diverse combinazioni, dobbiamo trovare il modo di determinare il loro valore complessivo.

Resistenze in serie

La Figura 2-11 mostra un semplice circuito con due resistori in serie. Supponiamo che la tensione generata dalla batteria sia di 3 volt. R1 ha un valore di 100 ohm ed R2 di 200 ohm. Come si fa a trovare il valore della corrente? Poichè la corrente totale deve attraversare entrambi i resistori, dovrà avere un valore uguale in tutti e due. La corrente deve scorrere attraverso i primi 100 ohm e poi attraverso gli altri 200 ohm. Come avrete già indovinato, i due resistori appaiono alla corrente come se fossero un unico resistore da 300 ohm: le resistenze in serie si sommano. Rappresentata in forma algebrica, la formula per la resistenza in serie è

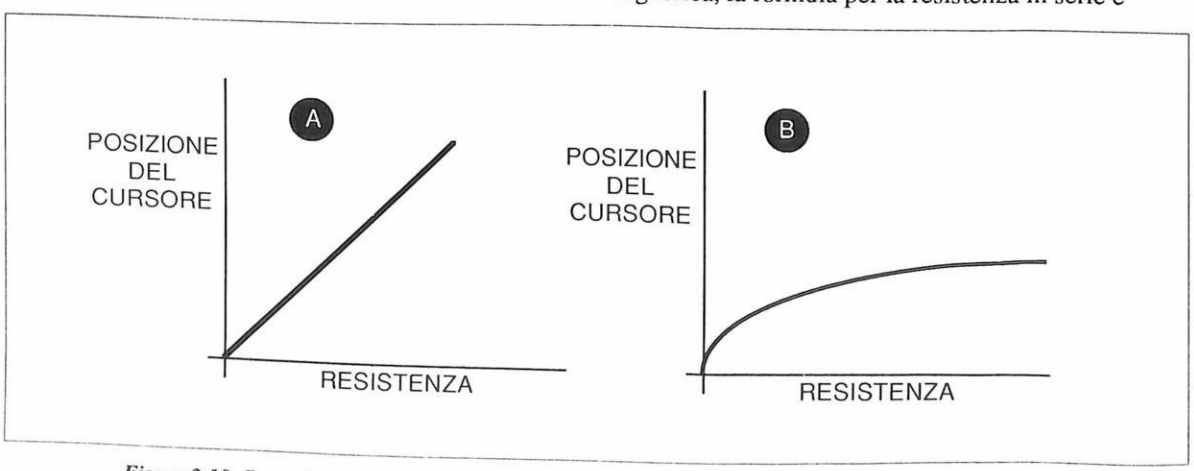


Figura 2-10. Curve tipiche di risposta dei potenziometri A. Variazione lineare B. Variazione logaritmica

$$Rt = R1 + R2 ... + Rn \qquad \text{Equazione 2-6}$$

dove Rt è la resistenza totale. La lettera "n" rappresenta il numero totale di resistori in serie nel circuito. Nel nostro esempio, i resistori sono soltanto due.
Rt = R1 + R2 = 100 + 200 = 300 ohm.

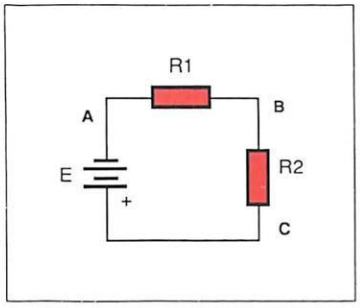


Figura 2-11. Semplice circuito con resistori in serie

Ora che conosciamo la resistenza totale effettivamente inserita nel circuito, possiamo applicare la Legge di Ohm per trovare la corrente.
Sappiamo che I = E/R (la corrente è uguale alla tensione divisa per la resistenza) e pertanto, nel nostro circuito, avremo 3 volt/300 ohm, ossia 0,01 ampere (10 mA).
Ora, quale sarà la caduta di tensione ai capi di ciascun resistore?
Poichè E = IR (la tensione è uguale alla corrente moltiplicata per la resistenza), la tensione ai capi di R1 dovrà essere uguale a 0,01 ampere x 100 ohm, ossia 1 volt. Analogamente, la tensione ai capi di R2 è uguale a 0,01 ampere x 200 ohm, ossia 2 volt.
Notate che, sommando le cadute di tensione su ciascuno dei resistori, si ottiene la tensione erogata dall'alimentatore originale. Possiamo allora dire che tutta la tensione disponibile viene usata dalle resistenze: affermazione valida per "tutti" i circuiti.
Mentre la corrente attraversa ciascun resistore, la resistenza causa una caduta di tensione. Al punto A è presente l'intera tensione di alimentazione, ossia 3 volt. Nel punto B, R1 ha causato la caduta di 1 volt e pertanto ci saranno 3-1 = 2 volt. R2 causa una caduta di 2 volt: pertanto al punto C la tensione è 0. Non esiste più traccia della tensione originale.
Possiamo infine calcolare la potenza totale consumata dal circuito. Vi ricorderete che la formula è P = EI (la potenza è uguale alla tensione moltiplicata per la corrente). Nel nostro esempio abbiamo 3 volt x 0,01 ampere, ossia 0,03 watt (30 milliwatt).
Consideriamo ora un altro esempio e risolviamolo con un metodo leggermente diverso. Useremo ancora il circuito illustrato in Figura 2-11, ma stavolta collegato ad una batteria da 12 volt; R1 ha il valore di 1000 ohm ed R2 di 150 ohm. La resistenza totale inserita nel circuito è dunque 1000 + 150 = 1150 ohm.
Poichè sappiamo che la potenza totale consumata da un circuito può essere calcolata con la formula $P = E^2/R$, possiamo inserire in essa i valori noti:
$P = (12)^2/1150 = 144/1150$ = circa 0,125 watt (125 milliwatt).
Risolvendo l'equazione per la corrente, possiamo ridisporre la formula P = EI in I = P/E, ovvero 0,125/12 = poco più di 0,01 ampere (circa 10 mA).
La caduta di tensione ai capi di R1 si ricava applicando la legge di Ohm:
E = IR = 0,01 ampere x 1000 ohm = 10 volt.
La caduta di tensione ai capi di R2 è uguale a 0,01 ampere x 150 ohm, cioè circa 1,5 volt.
Noterete che la caduta di tensione totale calcolata è di 10 volt + 1,5 volt, ossia 11,5 volt, inferiore alla tensione di 12 volt del generatore. Cosa è successo al mezzo volt mancante? In realtà nulla: è andato perduto nei nostri calcoli, a causa degli arrotondamenti. La potenza consumata è in realtà 0,1252174 watt, ma arrotondando questa cifra a 0,125 watt sono stati resi più semplici gli altri calcoli. Non c'è nulla di errato nell'effettuare gli arrotondamenti dei risultati di queste equazioni e di solito i valori calcolati hanno un'approssimazione sufficiente. Ma, quando si manifesta una discrepanza, sarebbe più opportuno ricominciare dall'inizio e lavorare con i valori esatti.
Ecco un ultimo esempio, che potete cercare di risolvere da soli:
E = 30 V, R1 = 250.000 ohm ed R2 = 50.000 ohm.
Utilizzando il sistema che preferite, calcolate i valori per la corrente, la potenza dissipata e la caduta di tensione ai capi di ciascun resistore.

Resistenze in parallelo

Cosa succede in un circuito analogo a quello mostrato in Figura 2-12 ? In questo caso, il flusso di elettroni assorbito dalla batteria (la corrente) viene ripartito tra i due resistori. La corrente deve seguire due percorsi in "parallelo": una parte di essa attraversera' R1 ed il resto passera' per R2.

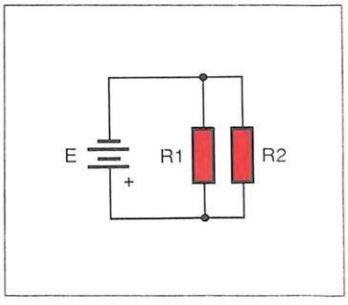


Figura 2-12. Semplice circuito con resistori in parallelo

Ovviamente, scorrerà una maggior quantità di corrente nel percorso in cui la resistenza è minore. Se entrambi i resistori hanno valore uguale, verranno attraversati da correnti uguali. Per quanto riguarda la tensione, un circuito in parallelo assume l'aspetto di due circuiti separati, come mostrato in Figura 2-13. Ai capi di ogni resistore si verifica la caduta dell'intera ten-

sione di alimentazione.Supponiamo che il circuito sia alimentato con una batteria da 6 volt, che R1 abbia un valore di 1000 ohm ed R2 di 3000 ohm. Sappiamo già che, su ciascuno dei due resistori, si avrà la caduta dell'intera tensione di alimentazione (6 volt); possiamo quindi applicare la legge di Ohm per calcolare separatamente le correnti.

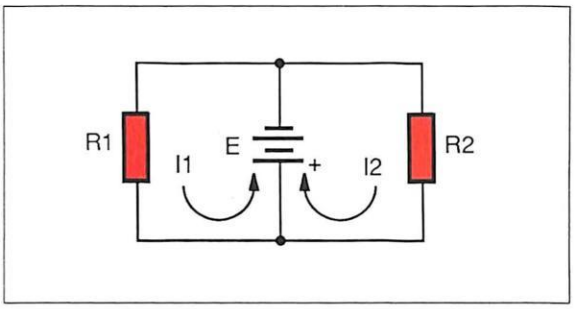


Figura 2-13. Come appare un circuito con resistori in parallelo al generatore di tensione

Per R1, I = E/R = 6 volt/1000 ohm = 0,006 ampere (6 mA).
Per R2, I = E/R = 6 volt/3000 ohm = 0,002 ampere (2 mA).
R1 assorbe 6 mA dalla batteria ed R2 assorbe ulteriori 2 mA: pertanto la corrente totale assorbita dal circuito in parallelo è di 8 mA.
Risolvendo per la resistenza equivalente dell'intero circuito, possiamo usare la formula:
R = E/I = 6 volt/0,008 ampere = 750 ohm.
Facciamo notare che la resistenza totale equivalente è minore di quella del resistore di minor valore: questa condizione si avvera sempre in un circuito in parallelo. Se i due resistori sono uguali, la resistenza equivalente sarà esattamente la metà dei valori individuali.
Un'altra formula per calcolare la resistenza equivalente di n resistori in un circuito in parallelo è :

$$1/R1 + 1/R2 ... + 1/Rn = 1/Rt \qquad \text{Equazione 2-7}$$

Rt è la resistenza totale efficace del circuito in parallelo.
Applicando questa formula all'esempio precedente, troviamo che
1/1000 + 1/3000 = 0,001 + 0,00033333 = 0,00133333.
Facendo il reciproco di questo valore (1/0,00133333) otteniamo 750 ohm: abbiamo ricavato lo stesso risultato, indipendentemente dal sistema usato per calcolarlo.
La potenza consumata dal circuito si calcola nel modo consueto, con la formula P = EI. Applicandola al circuito in esame avremo:
6 volt x 0,008 ampere = 0,048 watt, che possono essere arrotondati in circa 50 milliwatt.
Come potete vedere dall'equazione 2-7, possono essere collegate in parallelo un numero qualsiasi di resistenze. Immaginiamo, per esempio, un circuito con 4 resistori in parallelo; i relativi valori sono: 1000 ohm, 2200 ohm, 6800 ohm e 10.000 ohm. Avremo pertanto:
1/1000 + 1/2200 + 1/6800 + 1/10.000 = 0,001 + 0,0004545 + 0,0001471 + 0,0001 = 0,0017016.
Facendo il reciproco per trovare la resistenza totale inserita, otterremo poco meno di 590 ohm. Osservate che questo valore equivalente è minore dei singoli valori di qualsiasi tra i componenti collegati in parallelo.
Ecco un altro esempio che potrete risolvere da soli: supponete che il circuito di Figura 2-12 sia alimentato da una batteria da 12 volt, che R1 sia di 470 ohm ed R2 di 1000 ohm. Calcolate la resistenza equivalente, la corrente assorbita da ciascun resistore e la potenza totale consumata dal circuito.

Combinazioni in serie-parallelo

Nella pratica, raramente si trovano circuiti nei quali siano montate soltanto resistenze in serie o soltanto resistenze in parallelo: di norma c'è sempre una combinazione di queste due versioni.
Osservate la Figura 2-14: si tratta di un circuito con 4 resistori a collegamento misto in serie ed in parallelo.

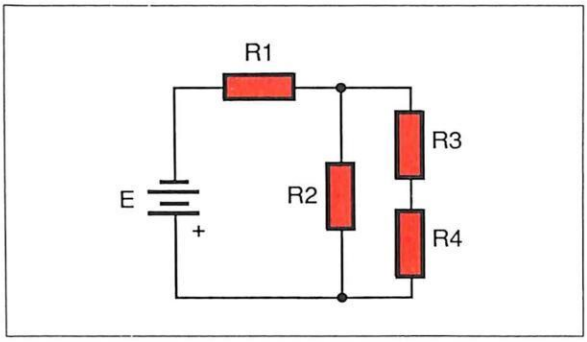


Figura 2-14. Circuito con resistori in serie-parallelo

Un tale circuito combinato può sembrare difficile da risolvere, ma le cose risulteranno più facili procedendo un passo alla volta.
Supponiamo che i dati siano i seguenti: tensione di alimentazione = 15 volt, R1 = 1500 ohm, R2 = 2200 ohm, R3 = 470 ohm ed R4 = 1000 ohm.
Per prima cosa si deve trovare la resistenza equivalente della combinazione R3-R4. Poichè questi due resistori sono collegati in serie, basta sommare i loro valori, vale a dire 470 + 1000 ohm = 1470 ohm. Per semplicità , consideriamo questa combinazione come se fosse un unico resistore RA (vedi Figura 2-15).
Risolviamo ora per la combinazione in parallelo R2-RA.
1/2200 + 1/1470 = 0,0004545 + 0,0006803 = 0,0011348.
La resistenza equivalente è perciò appena maggiore di 880 ohm: chiameremo questo valore RB (vedi Figura 2-16).
Ora resta soltanto R1 in serie ad RB.
R1 + RB = 1500 + 880 = 2380 ohm. Questa è dunque la resistenza totale equivalente dell'intero circuito.
Risolvendo per la corrente totale del circuito, trovere-

mo che, poichè I = E/R, la corrente è uguale a 15 volt/2380 ohm, ossia circa 0,0063 ampere (6,3 mA).
L'intera corrente attraversa R1, perchè non dispone di altri percorsi alternativi a questo resistore. Possiamo quindi risolvere per la caduta di tensione ai capi di R1.
E = IR = 0,0063 ampere x 1500 ohm = 9,45 volt.
Considerando la combinazione RB come un unico resistore, risulta che la caduta di tensione totale è di circa 0,0063 x 880, ossia 5,55 volt (9,45 volt ai capi di R1 e 5,55 volt ai capi di RB, e la somma è uguale alla tensione di alimentazione, cioè a 15 volt).
Poichè RB è formata da R2 e da RA in parallelo, sappiamo che la caduta di tensione su questi due resistori è uguale, in questo caso 5,55 volt. La corrente che attraversa R2 è uguale a 5,55 volt/2200 ohm, ossia circa 0,0025 ampere (2,5 mA). La corrente attraverso la combinazione RA è di 5,55 volt/1470 ohm, ossia circa 0,0038 ampere (3,8 mA). RA è formata in realtà da R3 ed R4 collegati in serie. Poichè questi due resistori sono in serie, vengono attraversati dalla medesima corrente: 3,8 mA. La caduta di tensione ai capi di R3 è di 0,0038 ampere x 470 ohm, ossia 1,77 volt. Ai capi di R4 c'è invece la caduta di 0,0038 ampere x 1000 ohm, ossia 3,78 volt. Notate che 3,78 volt + 1,77 volt = 5,55 volt.
Inoltre, la corrente attraverso R2 (2,5 mA) più la corrente attraverso RA (3,8 mA) equivale a 6,3 mA, cioè lo stesso valore ottenuto per l'intero circuito: è evidente come tutte queste equazioni siano interconnesse.
Infine, la potenza dissipata dall'intero circuito è uguale a 15 volt x 0,0063 ampere, ossia 0,0945 watt, che possono essere arrotondati a circa 95 milliwatt.
Provate ora a calcolare i diversi valori per lo stesso circuito, partendo dai seguenti dati: tensione erogata dalla batteria: 12 volt, R1: 4700 ohm, R2: 100.000 ohm, R3: 33.000 ohm ed R4: 27.000 ohm.

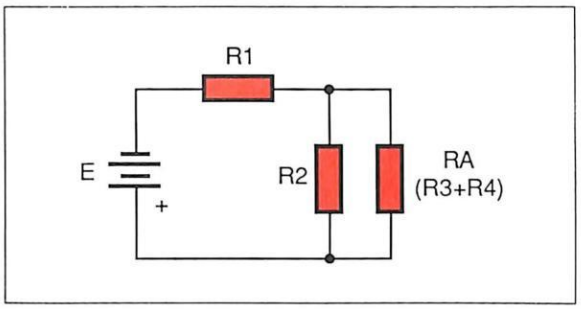


Figura 2-15. Semplificazione del circuito di Figura 2.14

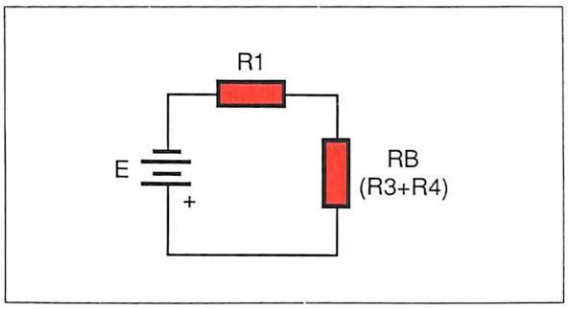


Figura 2-16. Ulteriore semplificazione della Figura 2.14

Risposte al TEST DI VERIFICA del capitolo n.1

1. A	2. D	3. D	4. A	5. B
6. A	7. D	8. C	9. A	10. D

TEST DI VERIFICA

1. L'unità base della resistenza è :
   A. *ohm*
   B. *coulomb*
   C. *mho*
   D. *pot*

2. Se le bande di un resistore sono giallo, viola, arancio ed oro, qual'è il valore del componente?
   A. *470 ohm, 5%*
   B. *470 ohm, 10%*
   C. *47.000 ohm, 5%*
   D. *4700 ohm, 5%*
   E. *nessuno di questi*

3. Se le bande di un resistore sono: rosso, rosso, rosso ed argento, qual'è il suo valore?
   A. *222 ohm, 10%*
   B. *220 ohm, 5%*
   C. *2200 ohm, 5%*
   D. *2200 ohm, 10%*
   E. nessuno di questi

4. Quale delle seguenti non è un'espressione valida della legge di Ohm?
   A. $R = E^2/I$
   B. $E = IR/E$
   C. $I = E/R$
   D. $R = E/I$
   E. *nessuna di queste*

5. Se colleghiamo in serie un resistore da 3300 ohm ed uno da 22.000 ohm, qual'è la resistenza totale?
   A. *18700 ohm*
   B. *2870 ohm*
   C. *25300 ohm*
   D. *5500 ohm*
   E. *nessuna di queste*

6. Collegando in parallelo 3 resistori, ciascuno del valore di 560 ohm, quale sarà la resistenza totale della combinazione?
   A. *187 ohm*
   B. *1867 ohm*
   C. *560 ohm*
   D. *1680 ohm*
   E. *nessuna di queste*

7. Supponiamo di applicare la tensione di 12 volt ad un circuito formato da un resistore da 1200 ohm e da un resistore da 3900 ohm in serie: qual'è la corrente che attraversa il circuito?
   A. *0,0425 ampere*
   B. *0,002 ampere*
   C. *2,35 ampere*
   D. *0,013 ampere*
   E. *nessuna di queste*

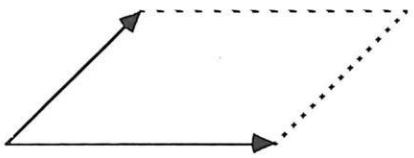
8. Una batteria da 9 volt è applicata ad un circuito formato da 3 resistori in parallelo. I loro contrassegni sono:
   marrone, nero, marrone, oro
   rosso, viola, rosso, argento
   arancio, arancio, marrone, oro
   Qual'è la corrente assorbita da questo circuito?
   A. *0,15 ampere*
   B. *75 ampere*
   C. *0,75 ampere*
   D. *0,12 ampere*
   E. *nessuna di queste*

9. Cosa succede quando i resistori sono collegati in serie?
   A. *la resistenza totale aumenta*
   B. *la resistenza totale diminuisce*
   C. *la corrente assorbita aumenta*
   D. *la tolleranza diminuisce*
   E. *nessuna di quanto sopra*

10. Cosa succede quando i resistori sono collegati in parallelo?
   A. niente
   B. *la corrente assorbita aumenta*
   C. *la resistenza totale aumenta*
   D. *la resistenza totale diminuisce*
   E. *nessuna di quanto sopra*

Le risposte sono alla fine del capitolo n.3

Capitolo 3



Corrente alternata

Finora abbiamo considerato circuiti nei quali la corrente fluiva in una sola direzione: questo tipo di elettricità è chiamato "corrente continua" o c.c.
Molti altri circuiti funzionano però con una tensione ed una corrente che hanno valori continuamente variabili, secondo una configurazione ripetitiva periodica. L'elettricità in questa forma è chiamata "corrente alternata" o c.a.

TENSIONE E CORRENTE VARIABILI

La polarità di un generatore di tensione determina la direzione del flusso di corrente. La corrente scorrerà dal terminale negativo del generatore di tensione verso il terminale positivo. Se la polarità del generatore di tensione viene invertita, la corrente scorrerà in direzione opposta.
Osserviamo il circuito di Figura 3-1: nello schema ci sono due generatori di tensione, ciascuno formato da una batteria da 3 volt. Poichè queste batterie sono collegate con polarità opposte, se ad esse fosse permesso di esercitare un effetto uguale sul circuito non farebbero altro che annullarsi a vicenda. Attraverso il circuito non passerebbe corrente e la potenza consumata sarebbe zero.

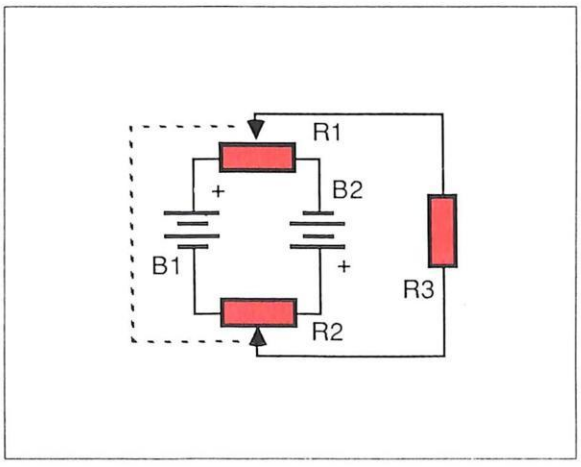


Figura 3-1. Circuito alimentato da una tensione con polarità invertibile.

I due potenziometri R1 ed R2 controllano l'effetto relativo delle due batterie sul circuito principale. La linea tratteggiata tra questi due simboli schematici indica che i due potenziometri sono meccanicamente collegati tra loro, cioè una sola manopola può controllarli entrambi. Un componente multiplo di questo genere è chiamato "potenziometro coassiale" e può essere doppio, triplo o persino quadruplo. I potenziometri coassiali doppi sono piuttosto comuni, mentre le combinazioni multiple vengono utilizzate raramente.
Per praticità espositiva, faremo riferimento ad R1 ed R2 come se fossero un unico potenziometro, perchè lavorano sempre in sincronismo.
Se il cursore del potenziometro è al centro esatto del suo arco di rotazione, ciascuno dei due generatori di tensione vedrà "resistenze" uguali: di conseguenza entrambe le batterie applicheranno al circuito principale tensioni uguali ma opposte; le tensioni si annulleranno a vicenda e nel circuito non passerà corrente.
Se però i cursori vengono spostati completamente verso la batteria 1, quest'ultima vedrà una resistenza minima mentre la batteria 2 vedrà una resistenza massima. In altre parole, la maggior parte della tensione della batteria 2 cadrà sulla resistenza del potenziometro. La maggior parte della tensione della batteria 1 attraverserà invece il circuito esterno. Di conseguenza, per quanto riguarda il circuito di carico, la batteria 2 non esiste. La potenza necessaria per azionare il circuito viene totalmente fornita dalla batteria 1.
All'altro estremo della corsa del potenziometro, la situazione è invertita: è attiva la batteria 2 mentre viene ignorata la batteria 1. Nelle posizioni intermedie del cursore, le due tensioni si comporranno secondo una legge sottrattiva. La batteria più vicina al cursore avrà il maggior effetto, ma l'altra batteria annullerà parte della sua tensione.
Per esempio, se il potenziometro è regolato in modo che la batteria 1 eroghi 2,5 volt, mentre alla batteria 2 è permesso di erogare soltanto 0,5 volt, il circuito di carico vedrà un generatore di tensione di 2 volt (batteria 1 meno batteria 2). Questa tensione avrà la stes-

sa polarità della maggiore tra le due tensioni opposte. In questo caso, è la batteria 1 che determina la polarità .
Se tracciamo un grafico della tensione realmente vista dal circuito mentre il cursore del potenziometro viene ruotato lungo il suo intero percorso, avremo un diagramma analogo a quello di Figura 3-2.

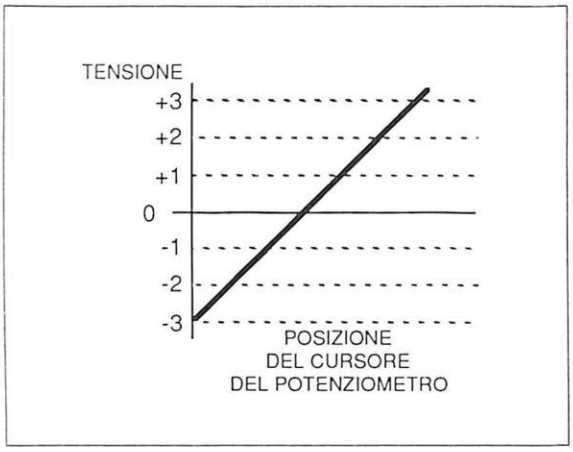


Figura 3-2. Tensione ai capi del circuito di Figura 3-1, quando i potenziometri vengono regolati nell'intero campo.

Supponiamo ora di iniziare la manovra con il cursore in posizione centrale, ruotando gradualmente la manopola avanti e indietro. La curva della tensione reale in queste circostanze rassomiglierà a quella di Figura 3-3.

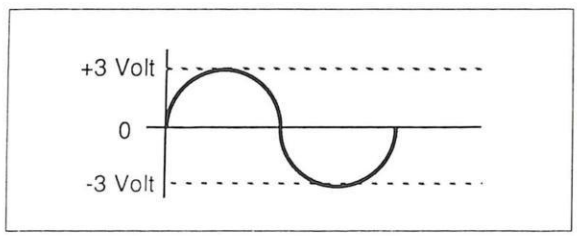


Figura 3-3. Onda sinusoidale.

Osservate che in questo grafico si vede una configurazione ripetitiva. Se avete familiarità con la trigonometria potrete riconoscere questa curva come una serie di rappresentazioni grafiche della funzione chiamata "seno" di un angolo. Per questo motivo, tale "forma d'onda" e' chiamata "sinusoidale". Ciascuna configurazione completa, senza ripetizioni (come dal punto A al punto B in Figura 3-3), è chiamata "ciclo" oppure "onda".
Se provate ad applicare alcune equazioni della Legge di Ohm, troverete che la corrente assorbita dal circuito varia in sincronismo con le fluttuazioni della tensione applicata: quando la tensione aumenta, anche la corrente aumenta, e viceversa. In questo caso si dice che la corrente è "in fase" rispetto alla tensione. Un circuito esclusivamente resistivo non varia la relazione di fase. Quando la tensione e la corrente in un circuito fluttuano in questo modo, siamo di fronte ad una "corrente alternata".

GENERATORE DI TENSIONE C.A.

La Figura 3-4 mostra il simbolo schematico di un qualsiasi generatore c.a. che produca un'onda sinusoidale (delle altre forme d'onda parleremo nei capitoli successivi). Facciamo notare che, poichè la corrente inverte continuamente la sua polarità , su tale generatore non è possibile contrassegnare la polarità stessa.

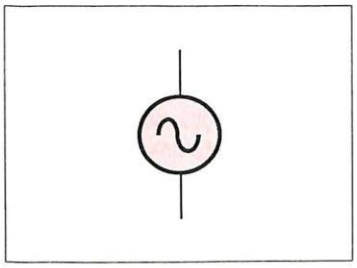


Figura 3-4. Simbolo schematico di un generatore di tensione c.a. (onda sinusoidale).

Un generatore c.a. cambia la sua polarità molte volte al secondo. Contando il numero di cicli totali compresi in un secondo, si ricava la "frequenza", che viene misurata in "cicli al secondo". Un'altra denominazione dei cicli al secondo è "hertz" (Hz), dal nome di uno dei pionieri in questo campo. 1000 hertz formano un "kilohertz" (kHz) oppure un kilociclo al secondo. Analogamente, un milione di cicli al secondo formano un "Megahertz" oppure un "Megaciclo al secondo".
Normalmente, i generatori c.a di potenza funzionano ad una frequenza piuttosto bassa. In Europa la corrente della rete di distribuzione oscilla alla frequenza di 50 Hz; in altre nazioni, per esempio negli Stati Uniti, viene usata la frequenza di 60 Hz.
Potrebbe sembrare che l'utilizzo della c.a. serva solo a complicare le cose, ma è vero esattamente il contrario. Mentre per le applicazioni a bassa potenza è più facile costruire dispositivi in c.c. (cioè batterie) che dispositivi c.a., nelle installazioni di elevata potenza è più pratico generare la c.a. E anche più facile trasmettere la c.a. su lunghe linee di trasporto: ecco perchè questo tipo di corrente è utilizzato dalle aziende produttrici di energia elettrica. Vedremo anche, nei prossimi capitoli, che molti circuiti funzionano in maniera molto diversa se gli elettroni scorrono attraverso ad essi in forma di c.c. o di c.a.
La sorgente più comunemente disponibile per alimentare in c.a. i circuiti elettronici è la corrente domestica, fornita dalle aziende elettriche tramite le normali prese di rete (vedi Figura 3-5). In queste prese è normalmente disponibile una tensione di 220 volt c.a. (il cui livello è soggetto a piccole variazioni) con una frequenza nominale di 50 Hz; in altre nazioni si potranno

trovare tensioni di 110-120 volt, 140 volt, eccetera, con frequenze di 60 Hz. Anche la frequenza può variare leggermente, ma il valore medio è di solito molto preciso.

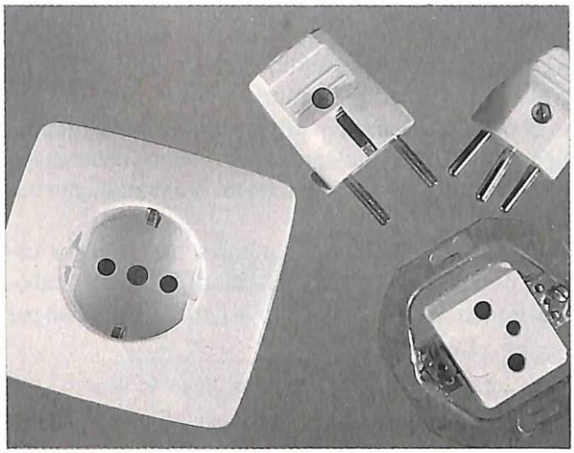


Figura 3-5. Prese di rete da muro di standard diversi

Molti circuiti elettronici sono progettati in modo da essere alimentati da una presa di rete c.a. e pertanto lo schema comprende un cavo di rete con spina, il cui simbolo è mostrato in Figura 3-6A. In altri casi, la potenza di alimentazione viene prima fatta passare attraverso un "trasformatore" (vedi Capitolo 7) per variarne la tensione, oppure attraverso un "alimentatore" (vedi

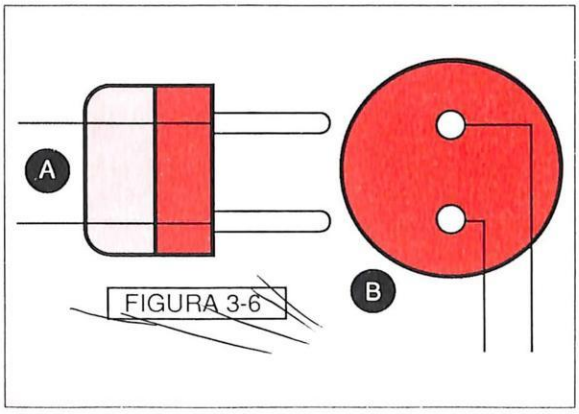


Figura 3-6. Simboli schematici. A: cavo di rete con spina c.a.; B: presa c.a.

Capitolo 26) per convertire la c.a. in una tensione c.c. Molti dispositivi alimentati dalla normale c.a. comprendono anche una presa supplementare per trasferire la potenza ad altre apparecchiature. Il simbolo schematico di una presa c.a. è illustrato in Figura 3-6B. Osservate che un cavo di rete c.a. contiene due fili. Uno è collegato alla linea di neutro, mentre l'altro trasporta effettivamente la corrente (linea di fase). In molti circuiti non ha importanza il collegamento di questi fili, ma altri circuiti necessitano che l'alimentazione arrivi attraverso i fili in un determinato modo. Per garantire che la spina venga inserita correttamente nella presa di rete, tali apparecchiature utilizzano spine "polarizzate". Tali spine possono essere inserite nella presa con un solo orientamento: se i terminali vengono invertiti, non entrano nella presa. Una normale "presa non polarizzata" potrà invece essere inserita con un orientamento qualsiasi., come si può vedere in Figura 3-7 Talvolta, specialmente con apparecchiature che assor-

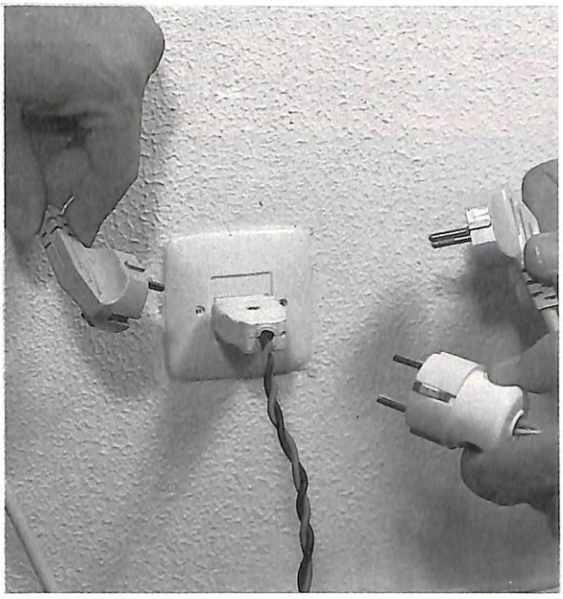


Figura 3.7. Cavi di rete con spine non polarizzate

bono forti correnti (potenza elevata), è necessaria una protezione supplementare tanto per il circuito stesso, quanto per evitare pericoli di folgorazione all'utilizzatore. In tali apparecchiature è necessario un terzo filo per "mettere a massa" il circuito.
La parola "massa" ha in realtà un doppio significato in elettronica: una "massa di terra" offre una protezione rimandando la tensione alla terra vera e propria, tramite un conduttore metallico che faccia un buon contatto con il terreno (vedi Figura 3-8). In questo modo, qualsiasi tensione potenzialmente pericolosa viene

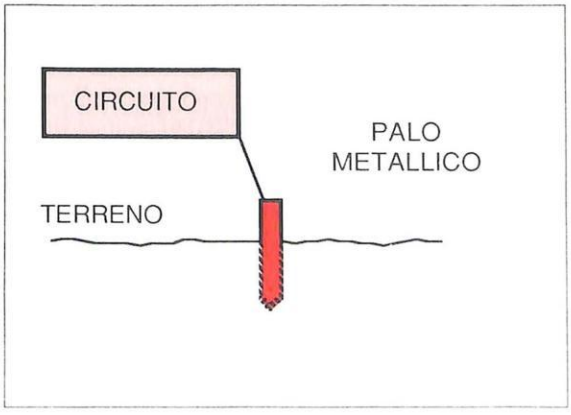


Figura 3-8. Massa di terra.

cortocircuitata a terra e non attraverso i componenti del circuito oppure il corpo dell'operatore. Un tubo dell'acquedotto è spesso una buona soluzione per effettuare un collegamento di terra.

Per l'alimentazione c.a. standard, il foro centrale della presa è collegato a terra. In una presa a 3 piedini, il terzo piedino è collegato a terra. Quando un dispositivo, munito di spina a 3 piedini, deve essere usato con una presa a 2 piedini, è necessario usare un "adattatore" come quello mostrato in Figura 3-9. Come si può vedere,è presente un terzo terminale centrale: non prevedendolo si annulla l'effetto del collegamento a

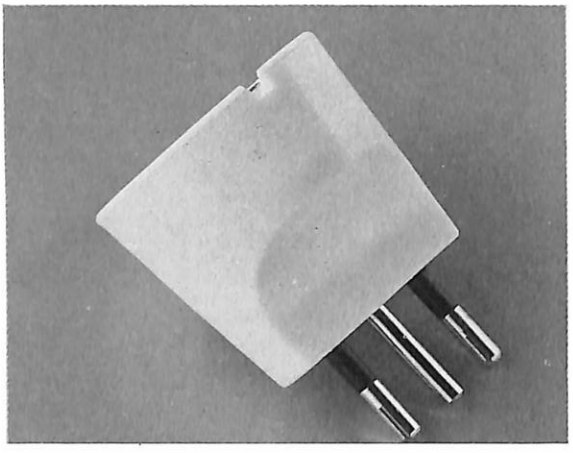


Figura 3-9. Adattatore c.a. a tre piedini.

terra e questo potrebbe risultare estremamente pericoloso!

La seconda specie di massa che si incontra nel lavoro elettronico è chiamata "massa comune" o semplicemente "massa". Come indica il nome stesso, si tratta di un punto condiviso in comune da tutti i segnali presenti in un circuito e pertanto viene usato come punto di riferimento per la misura di tutte le tensioni del circuito stesso.

Per definizione, nel punto comune la tensione è di 0 volt e perciò tutte le tensioni del circuito possono essere misurate tra gli appropriati punti ed il punto comune. Nei circuiti in c.c., il punto comune può essere il terminale negativo (il caso più frequente), oppure il terminale positivo dell'alimentatore. Entrambe le linee possono essere usate a questo scopo, senza influenzare il funzionamento del circuito: si tratta soltanto di determinare un punto di riferimento per le misure.

Il tipo di massa utilizzato avrà influenza sulla polarità delle tensioni misurate. Per esempio, in un circuito alimentato da una batteria a 3 volt con negativo a massa, la tensione di alimentazione sarà di +3 volt. Se viene utilizzata una massa positiva, la tensione di alimentazione sarà di -3 volt. Questa scelta non avrà effetto sui calcoli del circuito, fintanto che le stesse regole vengono osservate in tutto il circuito. Se tutte le tensioni hanno la medesima polarità , nei calcoli può essere trascurato il loro segno. Se la tensione è negativa, anche la corrente deve essere negativa. Ciò significa che la resistenza avrà sempre un effetto di segno positivo (R = E/I).

In un numero molto limitato di circuiti, la massa comune è collegata al telaio metallico, ovvero al mobiletto in cui viene inserito il circuito. Quando il punto di massa si estende su un'area molto ampia, si parla di "piano di massa". Alcuni circuiti (specialmente i "circuiti digitali", dei quali parleremo più avanti) necessitano di un piano di massa per evitare un funzionamento imprevedibile.

La Figura 3-10 mostra i tre simboli schematici piu comuni per contrassegnare un punto di massa. Il simbolo di Figura 3-10A viene usato in generale soltanto per

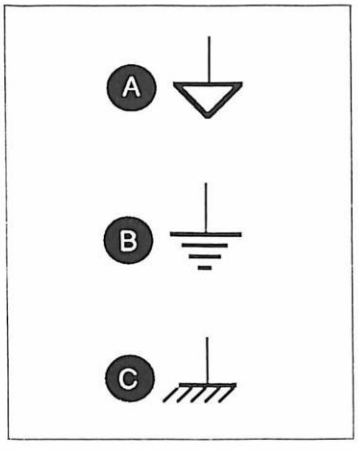


Figura 3-10. Tre comuni simboli schematici per una connessione di massa.

indicare una massa di terra, mentre gli altri due rappresentato sia una massa di terra che una massa comune (talvolta detta anche "massa al telaio"). Nella maggior parte dei casi, quando vengono utilizzati entrambi i tipi di massa, essi sono identici, cioè corrispondono al medesimo punto, ma questo non è sempre vero.

Tutti i punti di un circuito che recano il simbolo di massa, sono elettricamente collegati tra loro: ciò vuol dire che gli schemi di Figura 3-11A e di 3-11B sono in realtà identici.

VALORI C.A.

Poichè i livelli in un circuito c.a. sono continuamente variabili, la determinazione dei valori della tensione e della corrente non è così semplice come nei circuiti c.c. Supponiamo per esempio di avere un'onda sinusoidale che raggiunga un massimo, ovvero un "valore di picco" di 10 volt (raggiungerà anche un valore di picco di -10 V). Dire che si tratta di una corrente alternata di 10 V potrebbe essere alquanto fuorviante, perchè in realtà la tensione raggiunge il valore massimo di 10 V soltanto per un breve istante durante ciascun ciclo: nel tempo restante la tensione è più bassa.

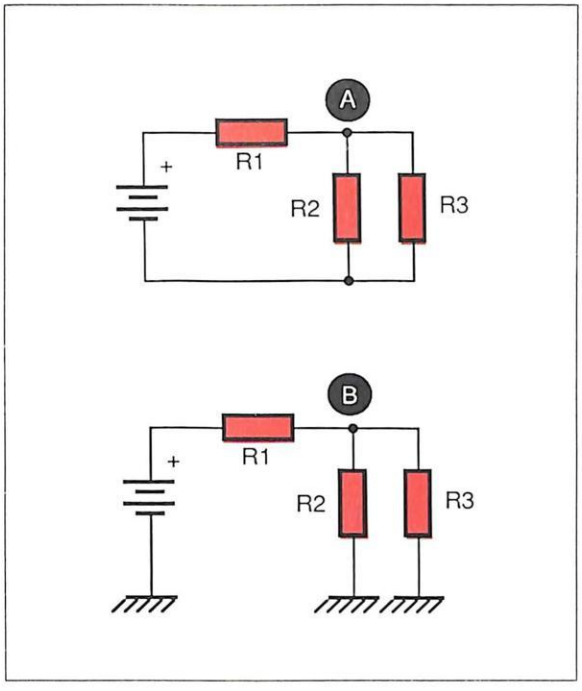


Figura 3-11. Circuiti identici, che dimostrano l'utilizzo del simbolo di massa.

Poichè la tensione varia tra il picco positivo di 10 volt ed il picco negativo di -10 volt, tra i due picchi ci sarà una differenza di tensione pari a 20 V, cioè avremo una "tensione picco-picco" di 20 V. Anche se è spesso utile conoscere questo valore, sarà ovviamente poco esatto dire che abbiamo una tensione alternata di 20 V. Potrebbe sembrare giusto fare la media tra i diversi valori istantanei attraverso i quali si passa durante un ciclo completo, ottenendo come risultato una tensione media. Sfortunatamente, poichè la parte positiva di un ciclo è l'immagine speculare della parte negativa, tutti i valori si cancelleranno a vicenda ed allora ci sarà un valore medio della tensione uguale a zero.
Una soluzione abbastanza ragionevole sarebbe di considerare soltanto la metà di un ciclo, solo la parte positiva oppure solo la parte negativa, per poi fare la media di una di queste. Questo potrebbe essere un lavoro piuttosto noioso, ma è stato dimostrato matematicamente che la media di un semiciclo (o "semiperiodo") di un'onda sinusoidale è uguale a 0,636 volte il valore di picco. Allora, se nel nostro esempio il valore di picco è di 10 V, la tensione media è di 6,36 V c.a.
Viceversa, se conosciamo il valore medio e vogliamo trovare la tensione di picco, possiamo moltiplicare la tensione media per 1,572327. Questo numero viene di solito arrotondato in 1,57 o persino in 1,6.
Il valore medio può dare una buona idea della tensione alla quale è soggetto un circuito ma c'è uno svantaggio: la relazione definita dalla legge di Ohm non è valida. Quello che serve è un sistema per esprimere la tensione c.a. in termini che possano essere direttamente confrontati con una tensione c.c. equivalente.
Tale valore equivalente può essere trovato ricavando la "media quadratica" dell'onda sinusoidale. Il procedimento matematico è abbastanza complicato, ma sara' sufficiente dire che equivale al valore di picco moltiplicato per 0,707.
Nel nostro esempio, abbiamo 10 x 0,707 = 7,07 volt "efficaci". Questo e' il valore usato piu comunemente nelle misure c.a.
Usando i valori efficaci, la legge di Ohm risulta valida come nei circuiti c.c.
Ecco un sommario delle equazioni fondamentali per la c.a.:

Valore efficace (Rms)= 0,707 x valore di picco
Equazione 3-1
Valore efficace(R) = 1,11 x valor medio
Equazione 3-2
Valore medio = 0,9 x valore efficace
Equazione 3-3
Valore medio = 0,636 x valore di picco
Equazione 3-4
Valore di picco = 1,41 x valore efficace
Equazione 3-5
Valore di picco = 1,57 x valore medio
Equazione 3-6
Valore picco-picco = 2 x valore di picco
Equazione 3-7

Le equazioni 3-1, 3-5 e 3-7 sono le formule usate più di frequente. Il valore medio ha raramente un'importanza pratica. Le medesime formule vengono usate anche per la corrente e per la potenza nei circuiti in c.a.

FASE

La corrente proveniente da un generatore di tensione alternata è si solito in sincronismo con la tensione: vale a dire che, quando la tensione aumenta, altrettanto fa la corrente e, quando la tensione diminuisce, diminuisce anche la corrente. Diciamo che la tensione e la corrente sono "in fase": i loro cicli iniziano nel medesimo istante.
Nei prossimi capitoli impareremo come alcuni componenti possano "sfasare" la tensione e la corrente: in modo cioè che una di queste grandezze risulta ritardata e pertanto i due valori non sono più al passo tra loro.

GENERATORI C.A. MULTIPLI

Ricordate che, quando ci sono due o più tensioni c.c. in serie (come le pile in una batteria), è possibile ricavare la tensione totale semplicemente sommando le tensioni parziali di ciascun singolo generatore. Oppure, avendo due tensioni di polarità opposta, possiamo semplicemente sottrarre la piu bassa dalla più elevata per trovare la tensione totale efficace del circuito. Con i generatori di c.a., la situazione è invece più complessa. Se, in un circuito analogo a quello di Figura

3-12, i due generatori di tensione sono in fase tra loro, non ci sono problemi: possiamo semplicemente sommare le tensioni, come con la c.c.. Oppure, se le tensio-

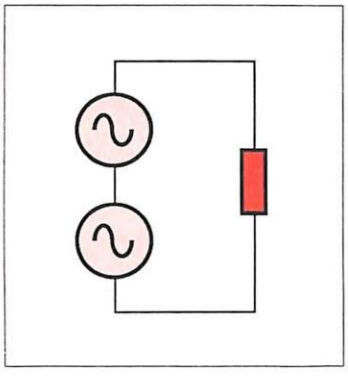


Figura 3-12. Due generatori c.a. in serie.

ne dei due generatori sono sfasate tra loro di 180 ° (il ciclo completo equivale ad un angolo di fase pari a 360° : vedi Figura 3-13), possiamo limitarci a sottrarre la tensione più bassa da quella più elevata.

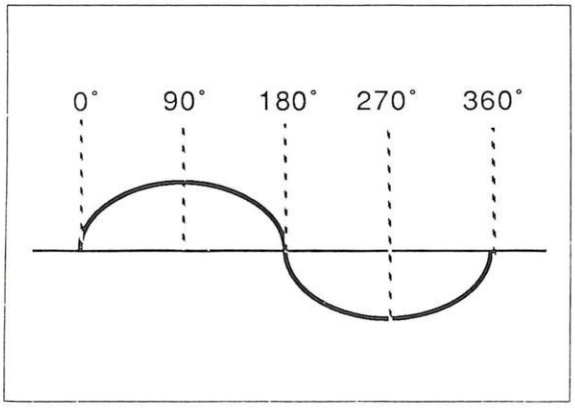


Figura 3-13. Gradi di un ciclo di corrente alternata.

Naturalmente, se due tensioni c.a. uguali sono sfasate tra loro di 180 °, si cancellano a vicenda, lasciando una tensione complessiva uguale a zero.
Il calcolo di qualsiasi altra relazione di fase richiede nozioni matematiche piuttosto complesse. Consideriamo, per esempio, i grafici di Figura 3-14. Nel grafico B la tensione è sfasata di 60° rispetto alla tensione del grafico A. Il grafico C è il risultato della combinazione di A e B. Il calcolo matematico della tensione reale mostrata nel grafico C richiederebbe numerose equazioni.

DIAGRAMMI VETTORIALI

Esiste fortunatamente un modo più facile per risolvere combinazioni di segnali c.a. con fase diversa: si tratta del sistema che utilizza i "diagrammi vettoriali". Questi ultimi potranno sembrare piuttosto complicati e la teoria matematica alla loro base piuttosto complessa, ma il loro utilizzo nelle situazioni pratiche è in realtà molto facile. Se sapete usare una riga ed un goniometro, non dovreste incontrare difficoltà .

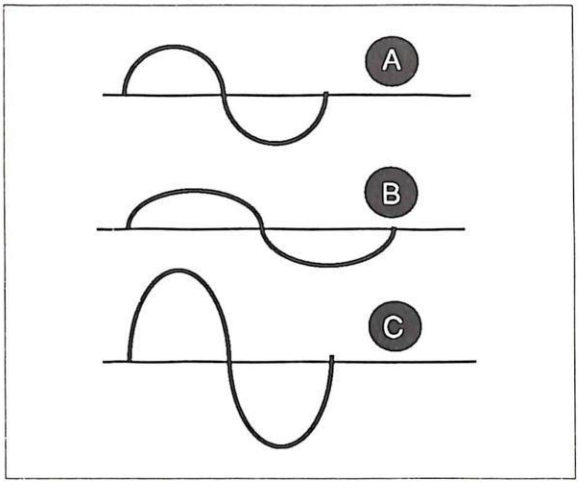


Figura 3-14. Somma di tensioni fuori fase.

Vediamo allora coma si fa ad utilizzare un diagramma vettoriale per trovare la tensione risultante di Figura 3-14. Supponiamo che la tensione A sia di 5 volt e la tensione B di 3 volt, sfasata di 60° rispetto alla prima.
Tracciate dapprima una linea retta per rappresentare la tensione A. Potrete usare qualunque scala riteniate conveniente: se, per esempio, fate corrispondere 1 volt ad ogni cm, la linea A sarà lunga 5 cm (Figura 3-15). Iniziando dal punto di origine della linea A, tracciate u-

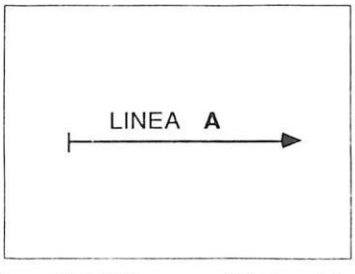


Figura 3-15. Primo passo della tracciatura di un diagramma vettoriale.

na seconda linea che rappresenti la tensione B; per quest'ultima dovrà essere usata la stessa scala della linea A e pertanto sarà lunga 3 cm. Dovrete anche usare un goniometro per tracciare la linea B con un angolo uguale alla differenza di fase. Naturalmente, la linea A è considerata a 0°; nel nostro esempio, la linea B dovrà formare un angolo di 60° rispetto alla linea A (Figura 3-16).
Tracciate ora una retta parallela alla linea B, a partire dall'estremità aperta della linea A. Questa nuova linea (linea C) deve avere la medesima lunghezza oppure es-

sere più lunga della linea B. La linea C viene aggiunta al nostro diagramma vettoriale in Figura 3-17.

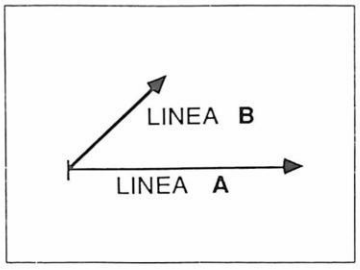


Figura 3-16. Secondo passo della tracciatura di un diagramma vettoriale.

Tracciate anche una quarta linea (linea tratteggiata D in Figura 3-18) dal terminale aperto della linea B alla linea C, parallela alla linea A.

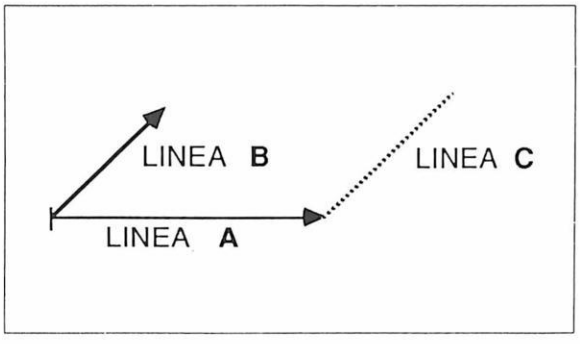


Figura 3-17. Terzo passo della tracciatura di un diagramma vettoriale.

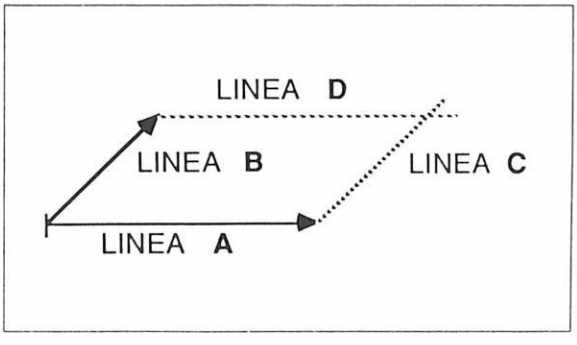


Figura 3-18. Quarto passo della tracciatura di un diagramma vettoriale

Tracciate infine un'ultima linea retta, dal punto di origine dei due vettori primitivi (giunzione della linea A con la linea B) fino alla giunzione delle linee C e D. Questa linea viene chiamata linea E in Figura 3-19. Misurando ora la linea E, la sua lunghezza rappresenterà la tensione risultante nella medesima scala delle linee A e B. Nel nostro esempio sarà lunga circa 8,5 cm ovvero 8,5 volt. L'angolo che la linea E forma con la linea A corrisponde alla differenza di fase della tensione risultante rispetto alla tensione A.
Altri esempi di diagrammi vettoriali sono mostrati nel-

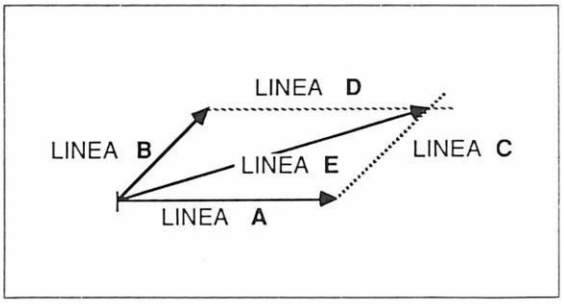


Figura 3-19. Diagramma vettoriale completo.

le Figure 3-20 e 3-21. Provate anche a tracciare i diagrammi vettoriali per trovare la tensione risultante in ciascuna delle combinazioni elencate in Tabella 3-1.

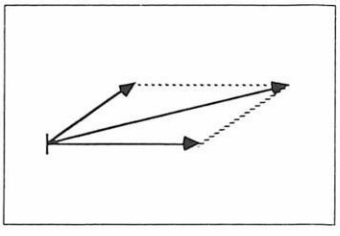


Figura 3-20. Altro esempio di diagramma vettoriale.

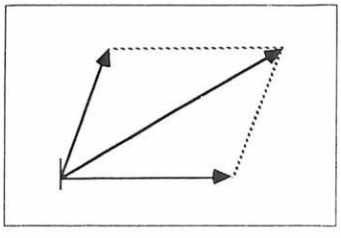


Figura 3-21. Ulteriore esempio di diagramma vettoriale.

TENSIONE A	TENSIONE B	FASE
6	6	45°
8	3	90°
7	5	30°

Tabella 3-1. Valori per gli esercizi di tracciatura dei diagrammi vettoriali.

COMBINAZIONE DI C.A. E C.C.

Cosa accade quando in un circuito, come quello illustrato in Figura 3-22, sono presenti un generatore di tensione c.c. ed uno di tensione c.a.? Supponiamo che il generatore c.a. eroghi un'onda sinusoidale di 5 volt di picco e che la tensione c.c. sia di 9 volt. In ogni istante, il segnale c.a. ha un determinato valore. Per esempio, quando il segnale attraversa la linea dello 0 ha un valore istantaneo di 0 volt. In questo istante, il generatore c.a. non ha effetto sul circuito (la tensione totale in

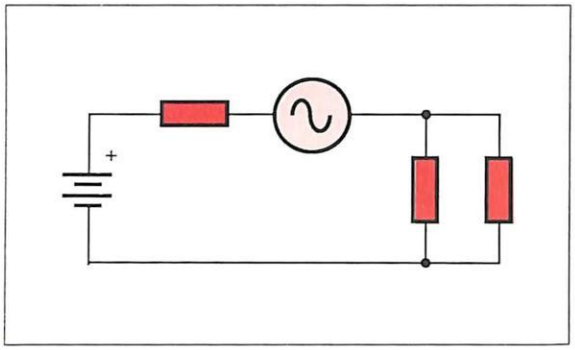


Figura 3-22. Circuito comprendente generatori di tensione c.a. e c.c.

questo breve istante corrisponde semplicemente ai 9 volt del generatore c.c.).
Tuttavia, in un altro istante del suo ciclo, il generatore c.a. eroga la sua tensione di picco (5 volt) mentre il generatore c.c. continua a produrre 9 volt. Questi valori vengono semplicemente sommati ed il valore istantaneo è di 14 volt. Quando la tensione c.a. raggiunge il suo picco negativo (-5 volt), la sua polarità è opposta a quella del generatore c.c. a 9 volt. In questo caso, abbiamo -5 volt e +9 volt, pertanto il valore istantaneo è di +4 volt.
Se continuiamo a tracciare i valori istantanei nei diversi punti del ciclo, troveremo un'onda sinusoidale che varia tra +4 volt e +14 volt. Il diagramma della tensione risultante è mostrato in Figura 3-23. Osservate che la curva è identica ad una normale onda sinusoidale, tranne per il fatto che varia al di sotto ed al di sopra della linea dei 9 volt, invece che della linea a 0 volt. Possiamo allora affermare che c'è una tensione c.a. efficace di 3,535 volt (5 volt di picco) "sovrapposta" ad una c.c. di 9 volt.

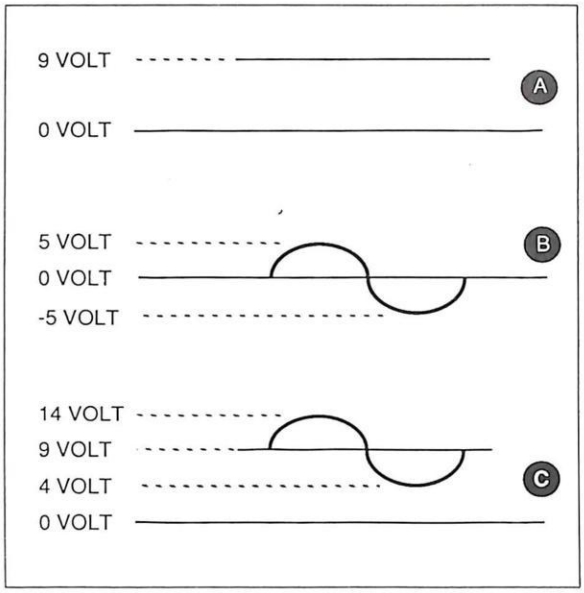


Figura 3-23. Combinazione di tensioni c.a. e c.c.

Se il picco della tensione c.a. è minore della tensione c.c., la polarità del circuito non si invertirà in nessun istante del ciclo stesso. Se invece la tensione c.a. è maggiore della tensione c.c., la polarità si invertirà almeno durante una parte del ciclo. Per esempio, una tensione c.a. con 10 volt di picco sovrapposta ad una c.c. di 6 volt produrrà una tensione combinata che oscilla tra -4 volt e + 16 volt.
Nella risoluzione della maggior parte delle equazioni circuitali, gli elementi c.a. e c.c. sono trattati separatamente. In molti casi, gli uni o gli altri potranno essere ignorati senza peggiorare la comprensibiltà del funzionamento del circuito.

Risposte al TEST DI VERIFICA del capitolo n.2

1. A	**2.** C
3. E. (2200 ohm 10%)	**4.** A
5. C	**6.** A
7. B	**8.** D
9. A	**10.** D

1. Quale delle seguenti non è un'unità per la misura delle frequenze c.a.?
A. *cicli al secondo*
B. *onde al secondo*
C. *hertz*
D. *kilocicli*
E. *megahertz*

2. Se un segnale c.a. ha una tensione efficace di 55 volt, qual'è la tensione di picco?
A. *77,55 volt*
B. *75 volt*
C. *38,885 volt*
D. *86,35 volt*
E. *nessuno di queste*

3. Se un segnale c.a. ha una tensione di picco di 90 volt, qual'è la tensione media?
A. *63,63 volt*
B. *99,9 volt*
C. *126,9 volt*
D. *57,24 volt*
E. *nessuna di queste*

4. Confrontando le tensioni efficaci e le tensioni medie, quale delle seguenti affermazioni è vera, nel caso delle onde sinusoidali?
A. *La tensione media sarà sempre maggiore della tensione efficace.*
B. *La tensione efficace è sempre maggiore della tensione media.*
C. *Può darsi che tanto la tensione efficace quanto la tensione media siano maggiori*
D. *Ci sarà sempre una grande differenza tra la tensione efficace e quella media.*

5. Da quanti gradi è formato il ciclo completo di un'onda?
A. *360°*
B. *180°*
C. *90°*
D. *720°*
E. *nessuno di questi*

6. Combinando due segnali c.a. da 5 volt, quando la tensione B è sfasata di 180° rispetto alla tensione A, quale sarà la tensione risultante?
A. 5 *volt*
B. 0 *volt*
C. 10 *volt*
D. 2,5 *volt*
E. *nessuna di queste*

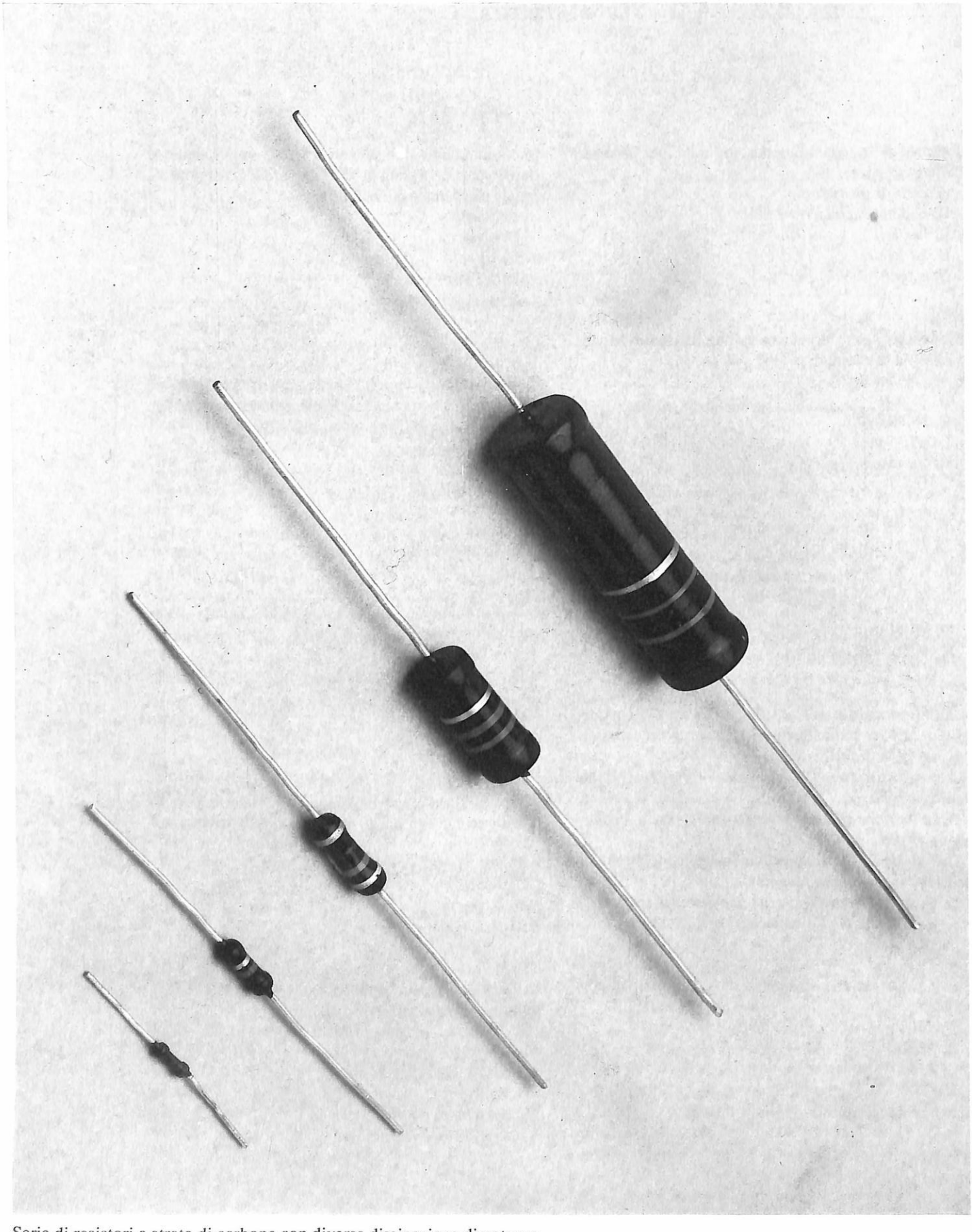
7. In un circuito comprendente sia un generatore c.c. che un generatore c.a., le cui tensioni istantanee variano da -2 volt a +10 volt, qual'è la tensione c.a. di picco?
A. 12 *volt*
B. 10 *volt*
C. 5 *volt*
D. 2 *volt*
E. *nessuna di queste*

8. Nel problema posto nella domanda 7, qual'è il valore efficace della tensione c.a.?
A. *4,242 volt*
B. *6,66 volt*
C. *13,32 volt*
D. *5,4 volt*
E. *nessuno di questi*

9. Nel problema posto nelle domande 7 ed 8, qual'è la tensione c.c. alla quale è sovrapposta la tensione c.a.?
A. *+4 volt*
B. *+6 volt*
C. *0 volt*
D. *-2 volt*
E. *nessuna di queste*

10. Quale tensione è applicata al terzo piedino di una spina c.a. a tre piedini?
A. *110 volt*
B. *220 volt*
C. *77,77 volt*
D. *0 volt*
E. *nessuna di queste*

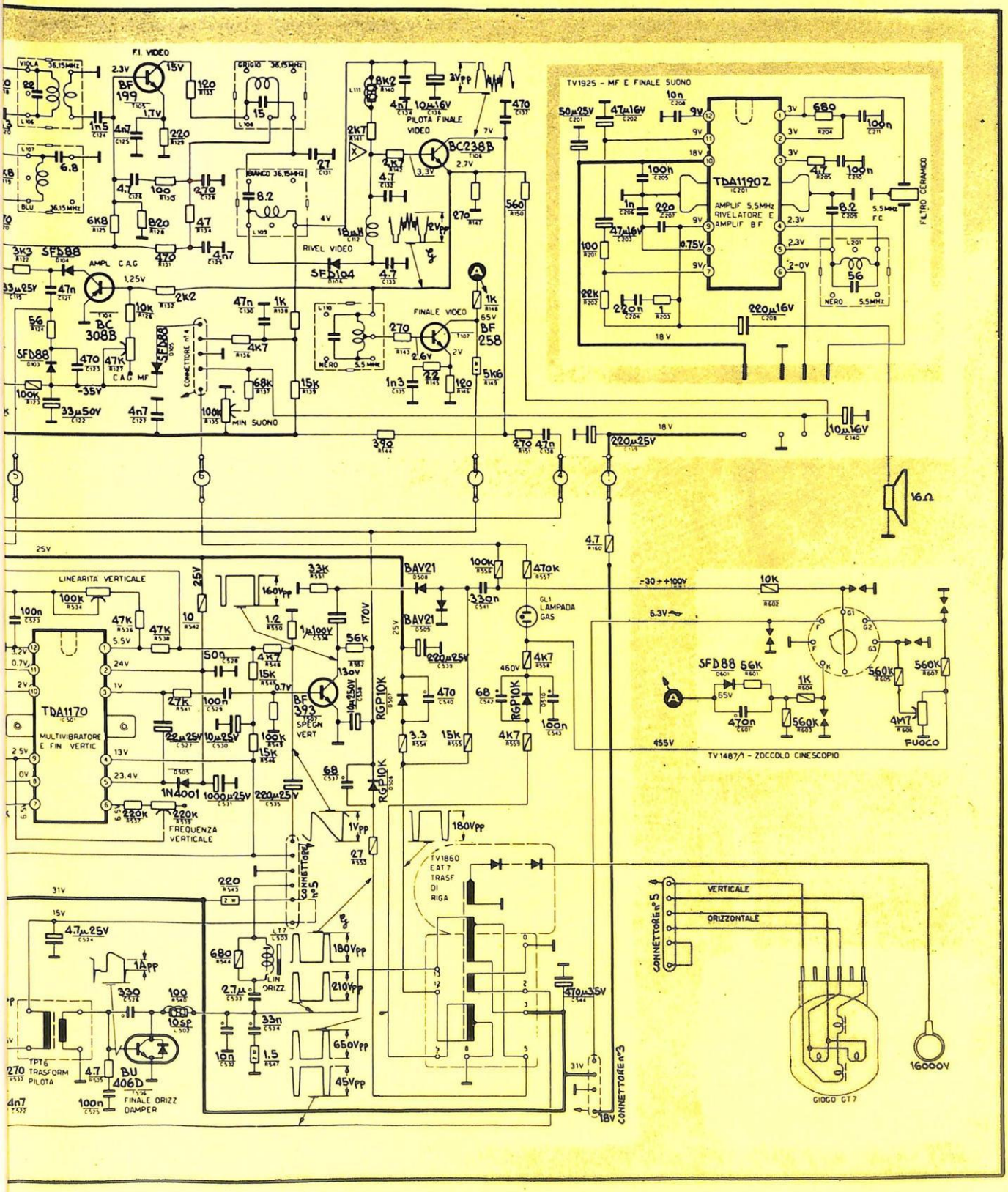
Le risposte sono alla fine del capitolo n.4

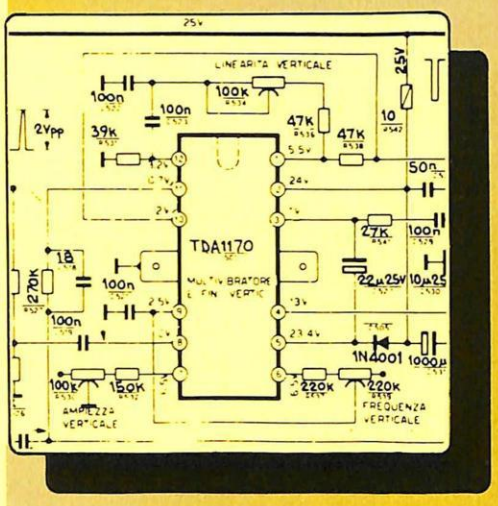


Serie di resistori a strato di carbone con diversa dissipazione di potenza.
Il più piccolo è da 1/8W, il più grande da 1,5W.

mod. T 621

mivar





MODELLO : MIVAR T621

SINTOMO : Linea orizzontale attraverso lo schermo

PROBABILE CAUSA : Mancanza di sincronismo verticale

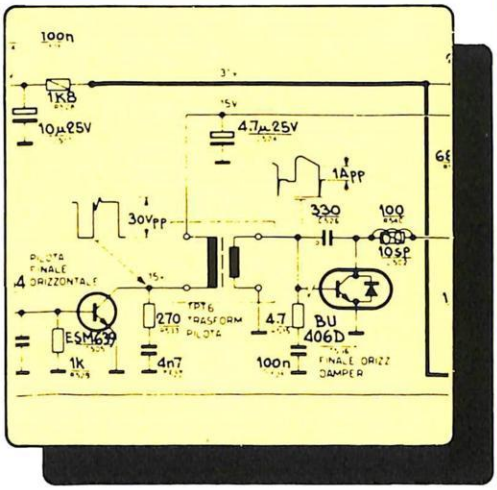
RIMEDIO : Sostituire il circuito integrato oscillatore-finale IC501 modello TDA1170

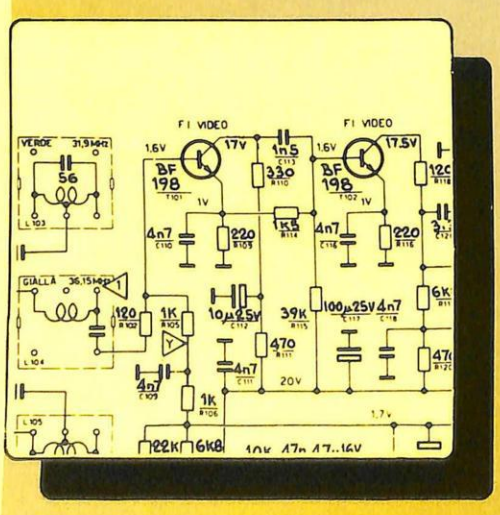
MODELLO : MIVAR T621

SINTOMO : Video spento

PROBABILE CAUSA : Assenza del segnale di sincronismo orizzontale

RIMEDIO : Sostituire il transistor pilota T505 modello ESM639





MODELLO : MIVAR T621

SINTOMO : Non si ricevono i canali VHF e UHF

PROBABILE CAUSA : Interruzione nella catena di amplificazione della frequenza intermedia

RIMEDIO : Sostituire il primo transistor amplificatore di FI, T101 modello BF198